

**MISIR KOÇANININ PİROLİZ DAVRANIŞININ
İNCELENMESİ**

Duygu ALKAŞI

**Yüksek Lisans Tezi
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Dursun PEHLİVAN**

HAZİRAN-2013

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MISIR KOÇANININ PİROLİZ DAVRANIŞININ
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Duygu ALKAŞI
(101118106)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Mayıs 2013
Tezin Savunulduğu Tarih : 7 Haziran 2013**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Dursun PEHLİVAN (F.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Fikret TÜMEN (F.Ü.)
Prof. Dr. Sinan SAYDAM (F.Ü.)**

HAZİRAN-2013

ÖNSÖZ

Tüm yüksek lisans çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan danışman hocam Prof. Dr. Dursun PEHLİVAN' a,

Yardım ve desteklerini benden esirgemeyen sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. Melek YILGIN'a ve Yrd. Doç. Dr. Neslihan DURANAY'a,

Deneysel çalışmalarımda emeği geçen Arş. Gör. Şeyda TAŞAR'a ve Arş. Gör. Fatih KAYA'ya,

Son ana kadar ilgi ve özverilerini eksik etmeyen sevgili aileme ve sevgili eşim Dr. Abdullah ALKAŞI'ya en samimi duygularıyla teşekkür ederim.

Duygu ALKAŞI
ELAZIĞ-2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	V
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	VII
SEMBOLLER LİSTESİ.....	VIII
ÖZET.....	IX
SUMMARY.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİ VE BİYOKÜTLE.....	4
2.1. Biyokütlenin Tanımı.....	4
2.2. Biyokütle Oluşumu.....	4
2.3. Biyokütlenin Kullanımı.....	6
2.4. Biyokütlenin Yapısı.....	7
2.4.1. Selüloz.....	10
2.4.2. Hemiselüloz.....	10
2.4.3. Lignin.....	11
2.5. Tarımsal Atıklardan Mısır Koçanı.....	13
3. BİYOKÜTLEYE UYGULANAN DÖNÜŞÜM SÜREÇLERİ.....	15
3.1. Biyokütlenin Pirolizi.....	16
4. BİYOKÜTLENİN PİROLİZ KİNETİĞİ.....	22
4.1. Termal Analiz.....	23
4.1.1. Termogravimetrik Analiz (TGA).....	23
4.1.2. Diferansiyel Termal Analiz (DTA).....	23
4.1.3. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC).....	24
4.2. Biyokütlenin Termal Bozunmasında Kullanılan Kinetik İfadeler.....	24
4.2.1. Friedman Yöntemi.....	27
4.2.2. Flynn-Wall-Ozawa Yöntemi.....	28

4.2.3. Coats-Redfern Yöntemi.....	29
4.2.4. Zsako Tarafından Düzenlenmiş Doyle Yöntemi.....	30
4.2.5. Van Krevelen Yöntemi.....	32
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
5.1. Mısır Koçanının Hazırlanması.....	33
5.2. Hammaddenin Elementsel Analizi.....	33
5.3. Hammaddenin Kısa Analizi.....	34
5.3.1. Nem Tayini.....	34
5.3.2. Uçucu Madde Tayini.....	34
5.3.3. Kül Tayini.....	34
5.3.4. Sabit Karbon Tayini.....	35
5.4. Fourier Transform Infrared (FTIR) Spektrumu.....	35
5.5. Termal Analiz.....	35
5.6. Deney Sistemi.....	36
5.7. Deneyin Yapılışı.....	37
5.8. Yapılan Deneyler.....	38
5.9. Piroliz Deneyleri Sonrası Ürün Verimlerinin Hesaplanması.....	38
6. ELDE EDİLEN BULGULAR VE YORUM.....	39
6.1. Mısır Koçanının Hazırlanması.....	39
6.1.1. Mısır Koçanının FTIR Spektrumu.....	40
6.2. Mısır Koçanının Pirolizi Sonuçları.....	41
6.3. Mısır Koçanının Piroliz Kinetiği Modelinin Belirlenmesi.....	44
6.4. Termal Analiz Sonuçları.....	48
7. SONUÇLAR.....	51
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	57
EKLER.....	Arka Kapak

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Doğal biyokütle çevrimi	5
Şekil 2.2. Enerji amaçlı kullanılan biyokütlelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri...	6
Şekil 2.3. Biyokütlenin bileşenleri.....	7
Şekil 2.4. Monosakkaritler.....	8
Şekil 2.5. Glikozidler.....	8
Şekil 2.6. Proteinler.....	8
Şekil 2.7. Terpenler.....	9
Şekil 2.8. Alkaloidler.....	9
Şekil 2.9. Pürinler.....	9
Şekil 2.10. Selüloz molekülünün yapısı.....	10
Şekil 2.11. Hemiselüloz molekülünün yapısı.....	11
Şekil 2.12 Lignin molekülünün yapısı.....	12
Şekil 2.13. Önemli mısır üreticisi ülkeler ve üretimdeki payları.....	13
Şekil 3.1. Biyokütleye uygulanan ısıl dönüşüm süreçleri ve elde edilen ürünler.....	16
Şekil 3.2. Katı yakıtlar için Van Krevelen diyagramı.....	16
Şekil 3.3. Selülozun bozunmasında çok adımlı toplu mekanizma.....	17
Şekil 3.4. Düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık yöntemiyle odunun bozunması.....	20
Şekil 5.1. Piroliz deneylerinde kullanılan fırın.....	36
Şekil 5.2. Piroliz deney sistemi.....	37
Şekil 6.1. Mısır koçanına ait FTIR spektrumu.....	40
Şekil 6.2. Mısır koçanının 350 °C'deki pirolizinde verimin zamanla değişimi.....	42
Şekil 6.3. Mısır koçanının 400 °C'deki pirolizinde verimin zamanla değişimi.....	43
Şekil 6.4. Mısır koçanının 450 °C'deki pirolizinde verimin zamanla değişimi.....	43
Şekil 6.5. Fırın sıcaklığı 350 °C olduğunda reaktör içi sıcaklığın değişimi.....	44

Şekil 6.6. Fırın sıcaklığı 400 °C olduğunda reaktör içi sıcaklığın değişimi.....	45
Şekil 6.7. Fırın sıcaklığı 450 °C olduğunda reaktör içi sıcaklığın değişimi.....	45
Şekil 6.8. Dönüşüm oranının son sıcaklıkla değişimi.....	46
Şekil 6.9. Dönüşüm oranının ortalama sıcaklıkla değişimi.....	46
Şekil 6.10. Mısır koçanının termogravimetrik analiz eğrisi.....	49
Şekil 6.11. Mısır koçanının diferansiyel termogravimetri eğrisi.....	49

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Bazı lignoselülozik materyallerin kimyasal bileşimleri.....	12
Çizelge 2.2. Mısırın dünyada ve ülkemizde 2006 yılı durumu.....	14
Çizelge 3.1. Odunun farklı piroliz süreçleri için ürün dağılımı.....	21
Çizelge 4.1. Termoanalitik tekniklerin sınıflandırılması.....	23
Çizelge 4.2. Katı hal reaksiyonlarında en yaygın kullanılan reaksiyon modelleri için kinetik İfadeler.....	27
Çizelge 6.1. Mısır koçanının analiz sonuçları.....	39
Çizelge 6.2. Mısır bitkisinden geride kalan tarımsal atıkların özellikleri.....	39
Çizelge 6.3. Mısır koçanının sıcaklık ve zaman değişkenlerine bağlı ürün verimleri....	41
Çizelge 6.4. Mısır koçanının piroliz verilerine çeşitli modeller uygulandığında hesaplanan kinetik parametreler.....	47

SEMBOLLER LİSTESİ

TGA	: TERMAL GRAVİMETRİK ANALİZ
THF	: TETRAHİDROFURAN
FTIR	: FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY
CELL	: SELÜLOZ
CELLA	: AKTİF SELÜLOZ
HAA	: HİDROKSİ-ASETALDEHİT
HMFU	: HİDROKSİMETİL-FURFURAL
LVG	: LEVOGLİKOZAN
HCE	: HEMİSELÜLOZ
LIG	: LİGNİN
MTEP	: MİLYON TON EŞDEĞER PETROL
Kcal	: KİLOKALORİ

ÖZET

Biyokütle yenilenebilir ve en bol bulunan tek enerji kaynağıdır. Günümüzde biyokütleden biyoyakıtları da içeren kimyasallar ve güç üretimi ile ilgili yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Biyokütleden piroliz teknolojisi ile gaz, sıvı, sulu organik bileşikler ve katı ürünler (char) üretimi ilk çağlardan beridir bilinmektedir. Bu yöntemle üretilebilecek ürünlerin oranı kullanılan piroliz tekniğine ve değişkenlerine bağlı olup, bugüne kadar bildirilen ürün verimlerinin çoğunlukla atmosfere açık sistemlerden elde edilen sonuçları yansıttığı görülmektedir.

Bu çalışmada bir tarımsal biyokütle atığı olan mısır koçanının kapalı ortamda pirolizi incelendi. Piroliz deneylerinde ısı iletkenliği yüksek mini kapalı reaksiyon sistemleri kullanıldı. Piroliz sıcaklığının ve kalma sürelerinin temel ürünlerin verimleri üzerine etkisi değerlendirilerek piroliz sırasındaki kinetik davranışı ortaya konulmaya çalışıldı. Hammaddenin karakterizasyonu amacıyla kısa ve kesin analizler, FTIR analizi ile ısı bozunma davranışını ortaya koymak amacıyla termal gravimetrik analizi yapıldı.

450°C sıcaklığa ve 5 dakikalık kalma sürelerine kadar yürütülen piroliz deneyleri sonucunda mısır koçanından en yüksek sıvı ürün ve gaz ürün verimleri 450 °C’de ve 5 dakikalık alıkonma süresi sonunda elde edilmiştir. Piroliz sıcaklığının artmasıyla sıvı ve gaz ürünlerin artmasına paralel olarak toplam dönüşüm de artmaktadır. Toplam dönüşüm 5 dakikalık alıkonma süresi sonunda 350, 400 and 450°C’de sırasıyla % 32, 41 ve 66 olarak hesaplandı.

Mısır koçanının piroliz belirli zamanlardaki dönüşüm oranlarına çeşitli kinetik modellere uygulanması sonucunda global bozunma basamağını en iyi tanımlayan model eşitliklerinin n. mertebe eşitliği ve üç boyutlu (Jander) difüzyon eşitliği olduğu sonucuna varıldı. Bu çalışmada hesaplanan görünür aktivasyon enerjisi değerlerinin literatürde var olan biyokütle örnekleri için hesaplanan kinetik verilerle uyum içinde olduğunu söylemek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Mısır koçanı, Piroliz, Kapalı sistem, Ürün verimi.

SUMMARY

INVESTIGATION OF PYROLYSIS BEHAVIOUR OF CORN COB

Biomass is the only renewable and most abundant energy source. Today intensive studies have been undertaken on chemicals and power generation, including bio fuels from biomass. Production of gas, liquid, aqueous organic compounds and solid products (char) from biomass by pyrolysis technology is known since the first ages. Product yields obtained by this method depend on the techniques applied and pyrolysis variables; and it has been observed that the product yields reported so far reflect mostly the results obtained in the systems that are open in the atmosphere.

In this study, pyrolysis of corncob, which is an agricultural biomass waste, was investigated in closed environment. In the pyrolysis experiments, use of mini closed aluminium reaction vessels by virtue of their high thermal conductivity, were preferred. Effects of pyrolysis temperature and reaction time on the yields of the major products were searched. To characterize corncob biomass, proximate and ultimate analyses, FTIR spectroscopy and thermal gravimetric analysis were also made.

After the experiments conducted at temperatures up to 450°C, it is observed that the highest liquid and gas yields are obtained from corncob at 450°C in 5 minutes duration period. Paralleling to the increases in liquid and gas yields with temperature and pyrolysis time, total conversion ratios also increase. At the end of 5 minutes retention time, total conversion ratios were found as 32, 41 and 66 % at temperatures of 350, 400 and 450°C respectively.

When the kinetic parameters found by fitting conversion ratios and retention times with a variety of widely used models are considered, it is concluded that global thermal degradation step of corncob pyrolysis can be described by n'th order reaction rate equation and three-dimensional (Jander) diffusion equation. The values of apparent activation energies were in accordance with those reported in similar studies on some biomass samples.

Keywords: Energy, Corncob, Pyrolysis, Closed system, Product yield.

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji gereksinimi ve fosil yakıt tüketimi dünya nüfusunun artması ve endüstriyel gelişme ile sürekli olarak artmaktadır. Fosil yakıtların tüketimdeki bu artış atmosferde biriken karbondioksit miktarındaki artışı da beraberinde getirmektedir. Bunun neden olduğu iklim değişikliğinin etkileri ciddi bir çevresel problem olarak kabul edilmektedir [1]. Dünyanın hızla artan nüfusu ve ülkelerin sanayileşmesi sonucu giderek artan enerji gereksinimini karşılayabilmek, çevreye duyarlı ve etkin bir enerji politikasından geçmektedir. Bu noktada biyokütle enerji piyasalarında geleneksel fosil yakıtların yerini alabilecek potansiyele sahiptir. Aynı zamanda temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak yaygın bir şekilde bilinmekte ve bolluğu nedeniyle petrol ile kömür yanında üçüncü bir enerji kaynağı olarak gösterilmektedir [2].

Ülkelerin ekonomik, kültürel ve bilimsel seviyeleri onların ürettikleri ve kullandıkları enerji miktarı ile ölçülür. Yaklaşık 6 milyar nüfusa sahip dünyamızda sanayileşmiş ülkelerde yaşayan 1 milyar nüfus kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %60'ını tüketirken, gelişmekte olan ülkelere yaşayan 5 milyar nüfus sadece %40'ını tüketmektedir [3]. Teknolojinin ilerlemesi, nüfusun artması, insanın dünyaya hâkim olma düşüncesi enerjiye olan gereksinimi giderek artırırken, fosil enerji kaynaklarının rezervleri de hızla tükenmektedir. En son istatistiksel değerlendirmelere göre; dünya enerji ihtiyacının %34.8'ini karşılayan petrolün 41, %21.1'sini karşılayan doğalgazın 62, %23.5'ini karşılayan kömürün ise 230 yıl rezerv kullanım süresi bulunduğu tahmin edilmektedir. [4-6]. Devlet Planlama Teşkilatı'nın raporuna göre: Arz güvenliğinin artırılması amacıyla birincil enerji kaynakları bazında dengeli bir kaynak çeşitlendirmesine ve kaynak ülke farklılaştırmasına gidilecektir. Üretim sistemi içinde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının azami ölçüde yükseltilmesi hedeflenecektir [7].

Yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, dalga, gelgit vb.) ise, fosil yakıtların atmosferdeki sera gazı birikimini artırdığı ve böylece, küresel sıcaklıktaki hızlı artışla birlikte ani küresel iklim değişikliğine neden olduğu bilimsel olarak kanıtlandıktan sonra, tüm dünyada tekrar ön plana çıkmıştır [1]. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde dünyadaki canlı hayatı ile doğrudan ilişkili olduğu için biyokütlenin ayrı bir yeri bulunmaktadır.

Biyokütleden sağlanan yenilenebilir enerji fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır ve atmosfere fazladan bir karbondioksit kirliliği yapmaz. [8]. Bu anlayışla bakıldığında biyokütle ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının temiz enerji kaynakları olduğu söylenebilir.

Biyokütle en kullanışlı ve kolay sağlanabilen başlıca yenilenebilir enerji kaynağıdır [9,10]. Biyokütle doğrudan yanma ile enerji üretiminde kullanılabileceği gibi çeşitli dönüşüm süreçleri uygulanarak, fosil yakıtların yerine kullanılabilecek daha kullanışlı ve değerli katı, sıvı ve gaz yakıtlara veya kimya endüstrisi için değerli ürünlere dönüştürülebilir. Isıl dönüşüm ile üretilen birincil ürünler genellikle hammaddeden daha çok kullanım alanına sahiptirler. Bu birincil ürünlerden daha sonra hidrokarbon yakıtlar, güç, kimyasal maddeler gibi ikincil ürünler elde edilebilir.

Biyokütleyle uygulanan ısıl dönüşüm süreçlerinden olan piroliz, katı, sıvı ve gaz ürün vermesi nedeniyle en çok tercih edilen yöntemdir. Hammaddenin özellikleri, ısıtma hızı, reaktör tipi, piroliz sıcaklığı, sürükleyici gaz, katalizör gibi etkiler piroliz ürün dağılımını belirler. Kolay taşınabilir ve depolanabilir olması nedeniyle yüksek ısı değerine sahip sıvı ürünler piroliz işlemlerinde çoğunlukla hedeflenen ürünlerdir. Piroliz sonrasında elde edilen katı ürün yüksek ısıl değere sahip olup, yakıt olarak değerlendirilebilir [11].

Son yıllarda biyokütlenin termal bozunmasına olan ilgi artmaktadır. Bitkisel biyokütle kaynaklarının piroliz süreçleri için uygun sistemlerin tasarımı piroliz kinetiği ile ilişkilidir. Dolayısıyla sıcaklık, ısıtma hızı, kimyasal bileşim gibi parametrelerin biyokütle bozunması üzerinde nasıl bir değişikliğe yol açtığı anlaşılmalıdır [12,13].

Biyokütle enerjisi yenilenebilir, çevre dostu kaynaktır. Bu bağlamda termal bozunma ile biyokütle potansiyelinin değerlendirilmesine olanak sağlayan piroliz yönteminin kinetik olarak incelenmesi önemlidir. Literatürde bildirilen deneysel çalışmaların sonuçlarına göre piroliz esnasında ürünlerin inert bir sürükleyici gazla sürekli uzaklaştırıldığı açık sistemler ile ürünler uzaklaştırılmadan piroliz işleminin gerçekleştirildiği kapalı sistemler arasında ürün verimleri açısından bazı farklılıklar gözlenmiştir. Bu çalışmalardan birinde tarımsal atıklarla yapılan hızlı piroliz işleminde 600 °C sıcaklık, 200 cm³/ dakika azot gazı akış hızı ve 700 °C/dakika ısıtma hızında ulaşılan optimum sıvı ürün verimleri yulaf samanı ve mısır koçanı için sırasıyla; %34,38 ve %37,85'dir [14]. Kapalı borusal bir reaktörde biyokütlenin pirolizinde ise uygulanan koşullara göre sıvı ürün verimleri %32–80,8 aralığında değişmektedir [15]. Kapalı ampul reaktörde yapılan bir çalışmada 50 saniye bekleme süresi sonunda sıvı ürün verimi % 39,4 olmuştur. Buna karşılık 120 saniyelik bir

piroliz süresi sonunda sıvı ürün verimi % 8,6'ya düşmüştür [16]. Polietilen pirolizi üzerine kesikli bir otoklav reaktörde yapılan çalışmada 450 °C'de sıvı ürün verimi % 72,4 iken sıcaklık arttıkça sıvı ürün veriminde azalma gözlenmiştir [17]. Oduna uygulanan bir diğer piroliz çalışmasında ise açık uçlu reaktörde sıvı ürün verimi %45,3 iken, kapalı ampül reaktörde %30'lara kadar düşmektedir [18]. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda daha çok akışkan ya da sabit yataklı açık reaktörlerdeki hızlı piroliz incelenmiştir. Ancak basınçlı şartlar altında piroliz mekanizması, dengesi ve kinetiği tamamen değişmektedir [15]. Buna karşılık biyokütlenin kapalı reaktörlerdeki piroliz davranışları üzerine az sayıda çalışma mevcuttur. Bu nedenle bu çalışmada bitkisel biyokütle kaynaklarından biri olan, yaklaşık %80 selülozik madde içeren ve ülkemizde iki milyon tona yakın miktarda atık olarak ortaya çıkan mısır koçanının kapalı bir sistemdeki pirolizinin incelenmesi amaçlanmıştır [2,14]. Farklı sıcaklıklarda ve bekletme sürelerinde elde edilen katı, sıvı ve gaz ürün verimleri değerlendirilerek mısır koçanının piroliz kinetiğinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

2. ENERJİ VE BİYOKÜTLE

2.1. Biyokütlenin tanımı

Bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan biyokütleler, genelde güneş enerjisini fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalardır. Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluluğa ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanabilir [19].

Biyokütle enerji kaynaklarını, “klasik” ve “modern” kaynaklar olmak üzere iki grupta ele almak mümkündür. Klasik biyokütle enerji kaynakları; ormanlardan sağlanan yakacak odun ile yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıklarından (özellikle hayvan dışkısından) oluşmaktadır. Klasik biyokütle enerji kullanımının temel özelliği, ilkelden gelişmişine doğru uzanan çeşitli yakma araçlarıyla ısı enerjisinin üretilmesidir.

Modern biyokütle enerji kaynakları, enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji tarımı ürünleri, tarım kesiminin bitkisel artıkları ve hayvansal atıkları, kentsel atıklar ve tarımsal endüstri atıkları biçiminde sıralanmaktadır.

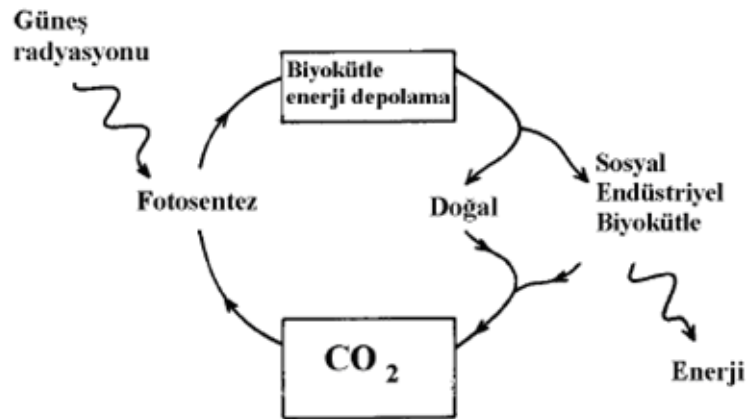
Yenilenebilir ve çevre dostu enerji türleri, geleceğin enerji kaynakları olarak görülmektedir. Bu nedenle, özellikle desteklenmeli ve geliştirilmelidir.

Enerji sektöründe teknolojik yenilikler çok boyutlu olduğundan eski, hantal ve verimsiz enerji teknolojilerinin kullanılması azaltılmalıdır. Bu teknolojiler yerine maliyet düşürücü teknolojilerin kullanımına öncülük verilmelidir. 2003 Yılı dünya enerji arzı 10.579 MTEP civarındadır. Bunun % 34,4’ nü petrol, % 24, 4’ nü kömür, % 21,2 ‘ sini doğalgaz, % 13,3’ nü yenilenebilir enerjiler ve % 6,5’ nu nükleer enerji karşılamaktadır. % 13,3’ lük alternatif (yenilenebilir) enerjiler içerisinde en büyük pay % 10 ile biyokütle enerjisi, % 2,2 ile hidroelektrik ve % 0,5 ile diğer yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir [20]. Geleneksel biyokütleyi de içeren yenilenebilir enerji kullanımı, küresel enerji talebinin % 13’ünü karşılayarak, 2010 yılında 1 684 MTEP olmuştur [21].

2.2. Biyokütle Oluşumu

Bitkilerin fotosentezi sırasında kimyasal olarak özellikle selüloz şeklinde depo edilen ve daha sonra çeşitli şekillerde kullanılan biyokütle enerjinin kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin biyokütle biçimindeki depolanmış enerjiye dönüşümü, dünyadaki hayatın temelidir. Canlı organizmaların fotosentez sonucu oluşması ve bütün yaşamın oksijene bağlı olması yenilenebilir enerji oluşturan fotosentez olayının önemini açıkça göstermektedir. Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezlenirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijen de atmosfere verilir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, CO₂ salınımı açısından korunmuş olur.

Temel olarak güneş enerjisinin kullanıldığı ve bu enerjinin havadaki karbondioksit ile suyu, karbonhidrat, lignin ve glikoz gibi çeşitli karbon bileşikleriyle oksijene dönüştürdüğü fotosentez işlemi, birçok basamaktan oluşmaktadır. Şekil 2.1’de doğal biyokütle çevrimi görülmektedir.



Şekil 2.1. Doğal biyokütle çevrimi [19].

Fotosentez ile üretilen organik madde esas olarak karbonhidrattır. Eğer bu kuru madde oksijenle yakılırsa açığa çıkan ısı, yaklaşık 16 MJ/kg’dır. Biyokütleden ikincil yakıtlar elde edildiğindeki ısı değerleri ise, örneğin, etanol için 30 MJ/kg ve biyogaz için 20 MJ/kg olmaktadır [19].

2.3. Biyokütlenin Kullanımı

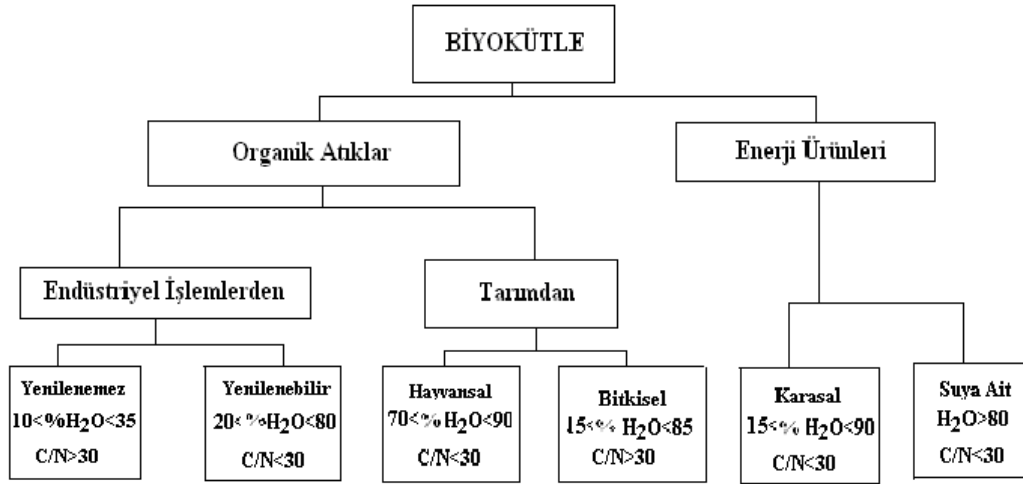
Biyokütle enerji kaynakları; ısıtma, yakıt ve elektrik enerjisi üretimi gibi birçok amaçla kullanılabilir. “*Biyoenjeri*” terimi, biyokütle kullanılarak elektrik veya ısı üreten sistemleri, “*biyoyakıt*” terimi ise, biyokütleden elde edilen katı, sıvı ve gaz yakıtları ifade etmek için kullanılmaktadır.

Küresel ısınmanın tarım alanları üzerinde yarattığı kuraklık etkisi, önemli miktarda toprağın verimsizleşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, verimsiz tarım alanlarında, kuraklığa dayanabilen özellikteki bitkilerin yetiştirilmesine önem verilmektedir. Böylece, hem tarım alanları değerlendirilmekte hem de yetiştirilen bitkilerle yakıt (biyoyakıt) elde edilmesi sağlanmaktadır.

Enerji tarımında yetiştirilen başlıca bitkiler ise; mısır, soya, seker kamışı, şeker pancarı, tatlı darı, kanola (kolza), ayçiçeği, aspir, pamuk, yonca vb.dir. Bu bitkiler, yıllık veya çok yıllık (3-10 yıl) yetiştirilebilmekte; ayrıca, yağ, seker, nişasta ve selüloz (lignoselülozik madde) açısından zengin bir içeriğe sahip olduklarından yüksek verim elde edilebilmektedir [3].

1990’lı yılların ortalarında FAO’nun tarımsal üretim verilerini kullanarak tarımsal ürün artıklarının miktarının yıllık 3,5 milyar ton ila 4 milyar ton olduğu Smil tarafından belirlenmiştir [25]. Geri dönüşebilir orman artıklarından yılda 35 EJ civarında enerji sağlanabilmektedir [26]. Dünyadaki önemli tarımsal ürünlerin (buğday, pirinç, mısır, arpa, arpa, şeker pancarı vb.) % 25’ lik bölümünden ise 38 EJ enerji üretilebileceği hesaplanmıştır. Son yüzyılda, enerji ormanları ve bitkilerinden sağlanacak küresel enerji potansiyeli ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu alanın 100 milyon ha ila 1 milyar ha olduğu ve bu alandan sağlanabilecek enerjinin yıllık 267 EJ olabileceği belirtilmiştir [27,28].

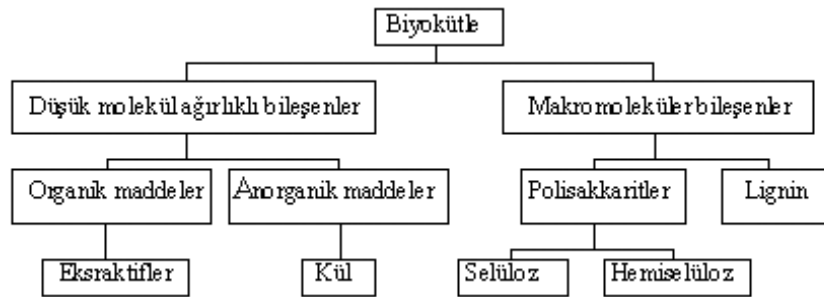
Biyokütlenin en uygun teknolojik kullanımı için bazı özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bunlar, nem oranı (% su miktarı), karbon/azot (C/N) oranı, kimyasal ve fiziksel özellikleridir. Enerji dönüşümünde kullanılacak biyokütller için bu değerlerin bilinmesi son derece önemli olmaktadır. Şekil 2.2 ’de enerji amaçlı kullanılan biyokütllerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir [22].



Şekil (2.2) Enerji amaçlı kullanılan biyokütlelerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

2.4. Biyokütlenin Yapısı

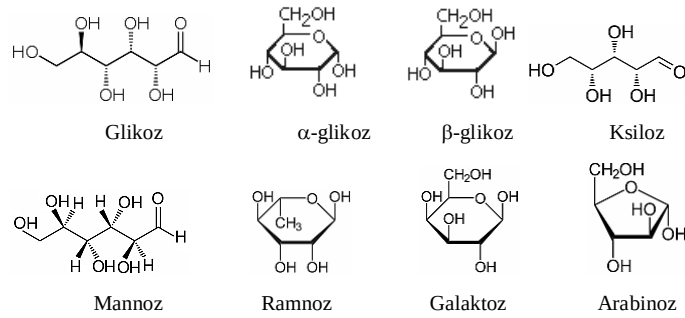
Biyokütle genellikle karbon, hidrojen, oksijen ve azottan oluşan bir hidrokarbondur. Biyokütlenin kimyasal bileşimi geleneksel olarak kullanılan katı fosil yakıtlardan oldukça farklıdır. Özellikle odun ve diğer biyokütle kaynakları oksijen içeren organik polimer yapılardan meydana gelmiştir. Yüksek molekül ağırlıklı karbonhidrat polimerler ve oligomerler (% 65-75) ve lignin (% 18-35) biyokütleyi oluşturan temel bileşenlerdir. Bunların yanı sıra düşük molekül ağırlıklı organik ekstraktifler ve anorganikler de biyokütlerde ağırlıkça % 4-10 arasında değişen oranlarda bulunur. Selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriği biyokütlenin tipine göre farklılık göstermekle birlikte tüm biyokütleler için en temel üç ögeyi oluşturur [23]. Biyokütlelerin kükürt içeriği düşüktür. Bazı biyokütleler ise farklı inorganik maddeler içerebilirler [19].



Şekil 2.3. Biyokütlenin bileşenleri [11,23].

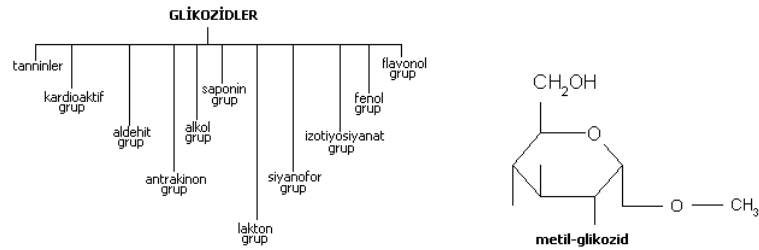
Daha ayrıntılı olarak bakıldığında ise biyokütlelerin kimyası genel olarak çok hücreli bitkisel dokuları oluşturan aşağıdaki temel kimyasal yapılarla ilişkilidir:

- Karbonhidratlar, yani mono-, di- ve polisakkaritler. Polisakkaritleri nişastalar, selülozlar ve çeşitli bileşimlerdeki bileşik selülozlar temsil etmektedir. Di- ve polisakkaritlerin yapı taşları Şekil 2.4 de verilen ve çeşitli stereo izomerlere sahip olabilen monosakkaritlerdir.



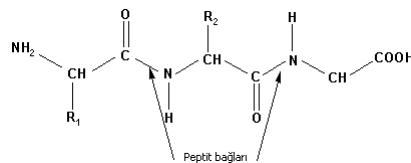
Şekil 2.4. Monosakkaritler

- Glikozitler, yani monosakkaritlerin hidroksillenmiş aromatik veya alifatik bileşiklerle kompleksleri,



Şekil 2.5. Glikozidler

- Proteinler, yani herbiri özel bir dizilişteki aminoasitleri taşıyan yüksek molekül ağırlıklı polipeptitler,



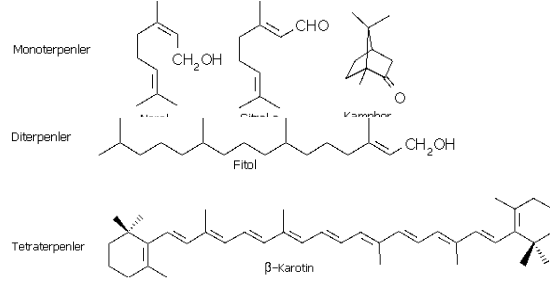
Şekil 2.6. Proteinler

- Yağlar, vakslar ve reçineler: Bunlar esas olarak terpenlerin veya terpenlerin birincil oksidasyon ürünlerinin türevleridir.

İzopren: $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$

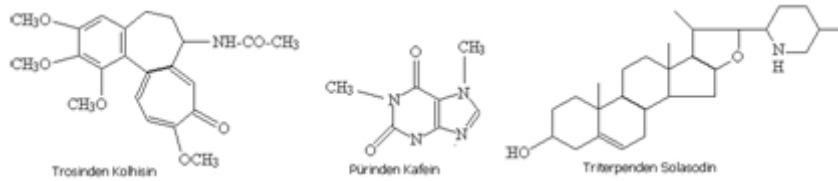
Adlandırma İzopren
birimi sayısı

Monoterpenler	2
Sesquiterpenler	3
Diterpenler	4
Triterpenler	6
Tetraterpenler	8

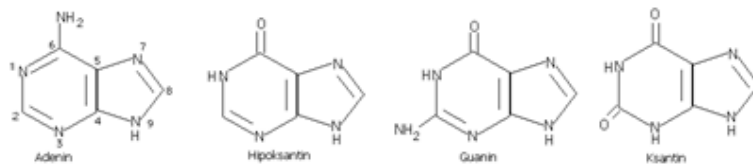


Şekil 2.7. Terpenler

- Ayrıca geniş bir aralıkta alkaloidler, pürinler, kitinler, enzimler ve pigmentler. En önemli pigmentler klorofil ve karoteonidlerdir [33-38].



Şekil 2.8. Alkaloidler



Şekil 2.9. Pürinler

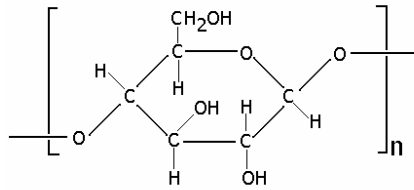
Lignoselülozik katı atıklar terimi, yapısında selüloz, lignin ve hemiselüloz (yarıselüloz) içeren bitkisel yapıları ifade etmektedir. Bu tür yapıların genellikle %70 ile %90'ı selüloz ve hemiselüloz, kalan kısmı ise ligninden oluşmaktadır. Bir lignoselülozik biyokütle olarak odun %50 ye kadar selülozdan oluşmaktadır. Elementel bileşimi genel olarak %49-50 C, %5-7 H ve %44-45 O şeklinde verilebilir [11,13].

Biyokütle heterojen, higroskopik, hücresel yapılı ve anizotropik bir materyaldir. Hücre duvarları selüloz fiberleri ve ligninle kaplanmış hemiselülozdan oluşur. Selülozlar 7000-15000 arası sayıda susuz glikoz moleküllerinin oluşturduğu düz zincirli çoğunlukla kristal yapıdaki biyopolimerlerdir. Buna karşılık hemiselülozlar 500-3000 arası sayıda ksiloz, mannoz, galaktoz, ramnoz ve arabinoz gibi farklı karbonhidrat monomerlerinin oluşturduğu dallanmış iki boyutlu biyopolimerlerdir [33-38].

2.4.1.Selüloz

Selüloz bitkilerin temel yapısal bileşenidir. Bitkinin her yerinde bulunur ve bitkiye sertliğini, katılığını verir. Birçok biyokütlenin iskelet yapısını oluşturur. Selüloz, birden dörde hatta daha fazlaya kadar β bağlı glikoz monomerlerinden oluşmuş yüksek molekül ağırlıklı çizgisel bir polimerdir. Bitkinin büyümesi sırasında selüloz molekülleri düzenli şeritler biçiminde istiflenirler. Daha sonra bu istifler odun liflerinin hücre duvarlarını oluşturan daha büyük yapısal elemanlar biçiminde düzenlenirler [33-38]. Selüloz piroliz esnasında prensip olarak yanabilen uçucuların oluşumundan sorumludur.

Selülozun elementel bileşimi %44,4 C, %6,2 H ve %49,4 O şeklindedir. Kapalı formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ şeklinde ifade edilmektedir. Şekil 2.10'da selüloz molekülünün yapısı görülmektedir [19,24].

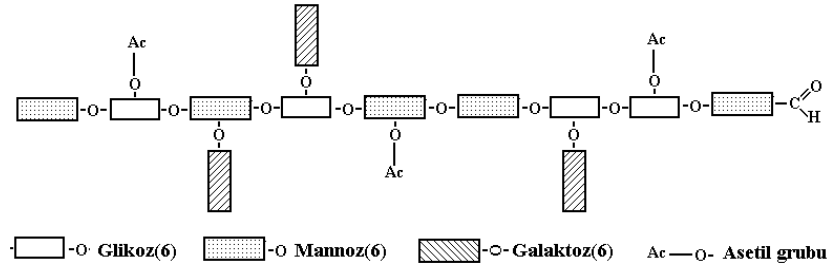


Şekil 2.10. Selüloz molekülünün yapısı

2.4.2.Hemiselüloz

Hemiselüloz hücre duvarında selüloz ile birlikte yer alır. Selülozdan daha kısa zincir yapısına sahip ve farklı tipte şeker yapılarından oluşan dallanmış bir polimerdir. Hemiselülozlar, selülozik zincirleri daha büyük bloklar oluşturmak üzere birbirine bağlarlar [32-37]. Bitki yapısındaki oranı %15 ile %40 arasında değişmektedir. Termal olarak selülozdan daha az karardır. Odun pirolizinde serbest kalan asetik asidin çoğu

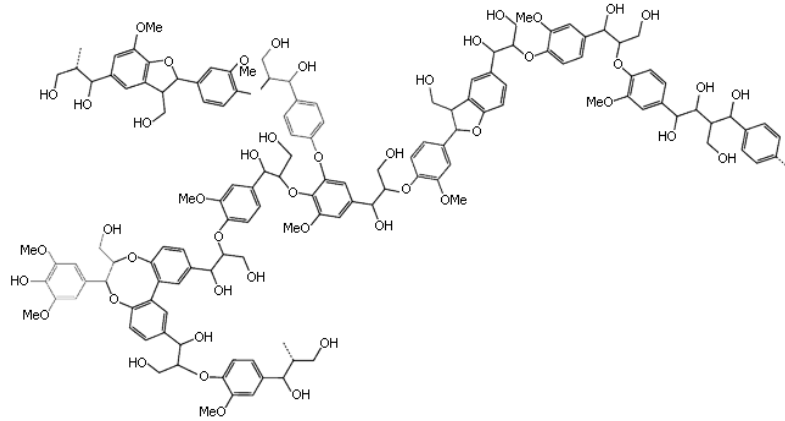
hemiselülozun bozunmasına dayandırılır. Hidrolizi sonucu sadece glikoz veren selülozun aksine, hemiselüloz hidroliz olduğunda pek çok sakkarit birimi vermektedir yani hemiselüloz, selülozdan daha heterojen bir yapıya sahiptir. Aynı zamanda, molekül ağırlığı selüloza göre daha düşüktür. Hemiselülozun genel formülü $(C_5H_8O_4)_n$ şeklinde verilmektedir [19,24].



Şekil 2.11. Hemiselüloz molekülünün yapısı [19].

2.4.3. Lignin

Lignin, selüloz ve hemiselüloz bloklarını kuşatan bir matriks materyali rolü oynar. Daha çok hücrelerin dışında ve hücreler arasında bulunur. Hücre duvarındaki selüloz, hemiselüloz ve pektin bileşenleri arasındaki boşlukları doldurur. Bu yüzden hücreleri birbirine yapıştıran çimento görevi yapar [33-38]. Diğer polisakkaritlerin aksine üç boyutlu bir fenil propanol polimeridir. Bu yapısı sayesinde bağlayıcılık görevini üstlenmektedir. Odunun %25-30'unu oluşturur [10].



Şekil 2.12 Lignin molekülünün yapısı [10].

Bazı lignoselülozik materyallerin selüloz, hemiselüloz ve lignin yüzdeleri Çizelge 2.1’ de verilmiştir. Bu değerler kuru temel üzerinden ekstrakte edilen maddeler haricindeki yüzdelik dilimleri vermektedir.

Çizelge 2.1.Bazı lignoselülozik materyallerin kimyasal bileşimleri

Lignoselülozik materyal	Selüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Lignin (%)
Buğday sapı	28,8	39,1	18,6
Çay atığı	30,2	19,9	40,0
Çiğit kabuğu	59,0	17,0	24,0
Fındık kabuğu	25,9	29,9	42,5
Fıstık sapı	36,0	43,0	21,0
Kayın ağacı	45,8	31,8	21,9
Ladin ağacı	50,8	21,2	27,5
Mısır koçanı	52,0	32,0	15,0
Soya sapı	33,0	53,0	14,0
Tütün sapı	42,4	28,2	27,0
Tütün yaprağı	36,3	34,4	12,1
Zeytin kabuğu	24,0	23,6	48,4

Çizelge 2.1’ den de görüldüğü gibi kayın ağacı, ladin ağacı, mısır koçanı ve çiğit kabuğunun yapısında selüloz; soya sapı ve fıstık sapında hemiselüloz; zeytin, çay atığı ve fındık kabuğunda ise lignin daha çok bulunmaktadır [19].

2.5.Tarımsal Atıklardan Mısır Koçanı

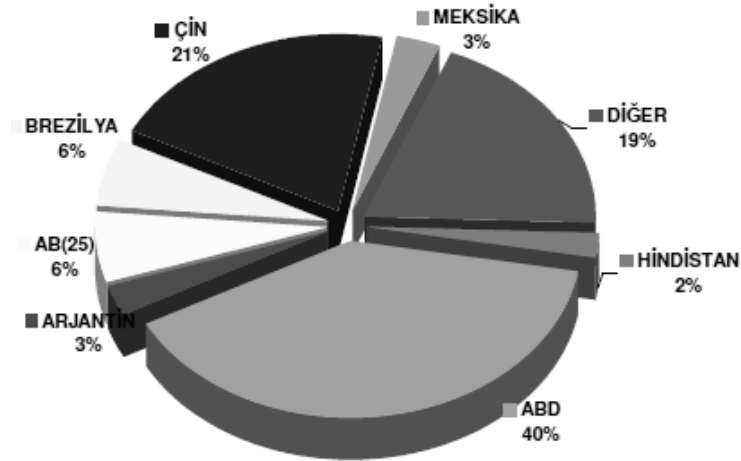
Mısır (*Zea mays* L.) genellikle çok nemli iklim bölgelerinde yetiştirilebilen, bir yıllık özellikle yağlı doymamış yağ grubunda olan bir tarla bitkisidir. Bilimsel olarak sınıflandırmada Poales takımı, Poaceae familyası, *Zea* cinsi içinde yer almaktadır [41]. Mısır bitkisinin anavatanı hakkında çeşitli görüşler ileri sürülmektedir. Ancak birçok kaynakta bitkinin ana vatanının Amerika kıtası olduğu belirtilmektedir [42].

Mısır tüm dünyada önemli bir tahıl olarak bilinmektedir [2]. C4 bitkileri grubunda yer alan mısır, şeker kamışı, miscanthus, sorghum gibi bitkiler yüksek verimli enerji bitkileridir [21]. Dünya genelinde yıllık üretimi 520 milyon ton civarındadır. Önemli

üretim merkezleri %42 ile Kuzey Amerika, %26 ile Asya, %12 ile Avrupa %9 ile Güney Amerika'dır [2].

Mısır yetiştiriciliğinde dünyada önde gelen ülkeler A.B.D, Çin, Brezilya, Meksika Hindistan, Arjantin, Güney Afrika Cumhuriyeti, Romanya, Nijerya, Endonezya ve Türkiye'dir [43]. Yurdumuza 16. yüzyıl ortalarında giren mısır bitkisi, insan besini ve hayvan yemi olarak fazlasıyla benimsenmiş ve tarımının oldukça kolay olması nedeniyle de geniş yayılma alanı bulmuştur [44].

Dünyada ve ülkemizde önemli bir sıcak iklim tahılı olan mısır; geniş bir yayılım alanına sahip olup, dünyada ekim alanı yönünden buğday ve çeltikten sonra üçüncü, üretim miktarı yönünden ise ilk sırada gelen üründür. Dünyada ekili alanı yaklaşık 147.000.000 ha olan mısır ülkemizde 800.000 ha alanda üretilmektedir. Dünyada yaklaşık 695.000.000 ton üretim söz konusu iken, bu değer ülkemizde 3.800.000 ton'dur (Çizelge 2.2) [45].



Şekil 2.13.Önemli mısır üreticisi ülkeler ve üretimdeki payları

Dünya mısır üretiminde ABD ve Çin yaklaşık % 60'lık bir paya sahip olup, bu iki ülkeyi Brezilya (% 6), Meksika (% 3) ve Arjantin (% 3) takip etmektedir (Şekil 2.7). Ülkemiz ise % 0,5'lik payla 22. sırada bulunmaktadır [45,46].

Çizelge 2.2. Mısırın dünyada ve ülkemizde 2006 yılı durumu

Ülke	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
Türkiye	790.000	3.811.000	482
ABD	29.800.000	272.931.000	949
Çin	25.450.000	143.000.000	512
Dünya	147.170.000	692.886.000	472

Mısır buğdaygiller familyasındandır. Bir yıllık otsu bir bitki olup yetiştiği bölgeye göre boyu 1,5 - 3 metre arasında olabilir. Yaprakları uca doğru gittikçe sivrilerek, uzun ince bir mızrak seklindedir. Yaprakların kenarları bütün, dalgalı, ortasından grimsi beyaz büyük bir ana damar ve ona paralel olarak bir düzine sağlı, sollu yan damarlar uzanır. Çiçekleri erkek ve dişi çiçekleri ayrı ayrı durur, fakat aynı bitkidedir. Dişi çiçekleri koçandan çıkan püsküllerdir. Meyvesine kısaca mısır koçanı denir ve bu koçan üzerinde 100 – 200 adet mısır tohumu dizilmiştir [47].

Mısır koçanları mısır değirmenlerinin yüksek hacimli tarımsal yan ürünüdür. Birçok fonksiyonel guruplara sahip olan bazı polimerik materyaller (selüloz, hemiselüloz, lignin) ihtiva ederler. Selüloz ve hemiselüloz mısır koçanlarında yüksek miktarda bulunmaktadır [48].

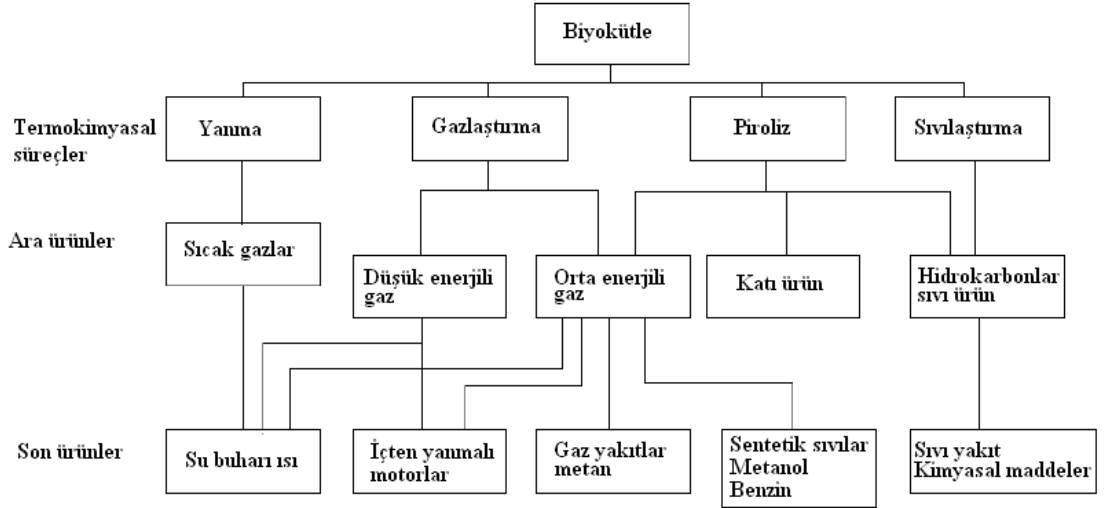
Mısır koçanı dünyada en çok işlenen endüstriyel bitkilerden biridir. Yağ ve nişasta üretiminde her 100 kg mısır tahılından yaklaşık olarak 18 kg mısır koçanı atık olarak çıkmaktadır. Ham koçana uygulanan analiz sonucunda yaklaşık %10 nişasta, %10 protein, %10 yağ ve vaks, %30 ksilen, %35 selüloz içeriği belirlenmiştir [49].

3. BİYOKÜTLEYE UYGULANAN DÖNÜŞÜM SÜREÇLERİ

Biyokütlenin enerji amaçlı kullanılması ile ısı, elektrik ve sıvı yakıt elde edilmektedir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için, doğrudan yakma, havasız çürütme, fermentasyon, piroliz, gazlaştırma ve biyofotoliz gibi çeşitli dönüşüm yöntemleri vardır. Ön işlemden geçirilmiş biyokütleyle uygulanan bu teknolojiler; fizikokimyasal, biyokimyasal ve termokimyasal dönüşüm olmak üzere üç grupta toplanabilir [29].

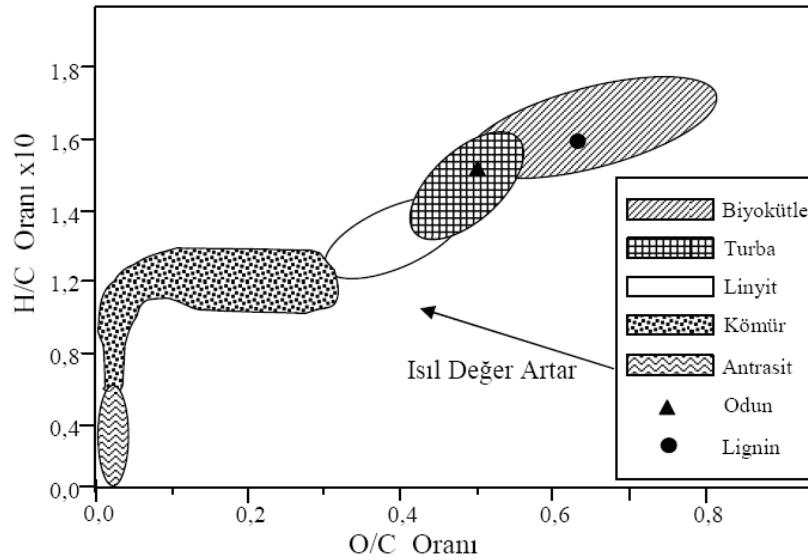
Bitkisel yağ oranı yüksek olan enerji bitkilerine fizikokimyasal dönüştürme yöntemleri uygulanmaktadır. Bu proseslerle sıvı yağ veya yakıt üretilmektedir. Ayrıca, esterleşme (metil ester) prosesi ile üretilen sıvı yakıt, dizel motorlarda ana yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Biyokimyasal dönüştürme ise biyokütlenin fermentasyonu ile etil alkol üretimini veya anaerobik parçalanma ile metan üretimini kapsamaktadır. Bu iki teknoloji de ticari olarak geniş bir uygulama alanı bulmakla beraber elektrik enerjisi üretimi birinci amaç değildir. Etil alkol; şeker, nişasta ve selüloz kökenli biyokütleden üretilmektedir. Geleneksel etil alkol üretimi şeker kamışı ve nişastanın fermentasyonu ve damıtılması işlemidir. Anaerobik parçalanma diğer bir biyokimyasal dönüştürme olup, organik artıkların oksijensiz ortamda bakterilerce parçalanmasıdır. Bunun sonucunda biyogaz olarak adlandırılan metanca (CH_4) zengin, yanıcı bir gaz elde edilmektedir [30].

Biyokütleden yararlı ürün eldesinde kullanılan termokimyasal yöntemler piroliz, sıvılaştırma, gazlaştırma ve yanmadır. Bu yöntemlerin her biri farklı ürün verir. Şekil 3.1’de bu yöntemler ve bunların sonucunda oluşan ürünler gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Biyokütleyle uygulanan ısı dönüşüm süreçleri ve elde edilen ürünler [11].

Biyokütleden elde edilen yakıtlar ile fosil yakıtlar karşılaştırılırken, Şekil 3.2’de verilen, O/C ve H/C oranlarına göre elde edilen Van Krevelen diyagramı kullanılmaktadır. Bu diyagrama göre oranlar azaldıkça maddenin enerji içeriği artmaktadır.[31].



Şekil 3.2. Katı yakıtlar için Van Krevelen Diyagramı [31].

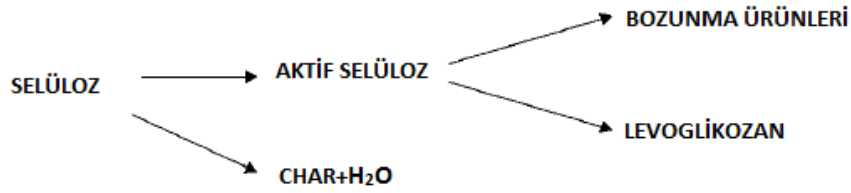
3.1. Biyokütlenin Piroliz

Biyokütlenin havasız veya herhangi bir reaktanın olmadığı ortamda termal bozunmaya uğratılması sonucu katı, sıvı ve gaz yakıtlar üretilebilir. Termal bozundurma katı ürün verimi maksimum olacak şekilde gerçekleştirilirse karbonizasyon adını alır.

Biyokütlenin pirolizindeki temel tepkime, suyun aşağıdaki gibi karbonhidrat bileşiminden ayrılmasıdır.

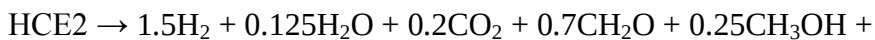
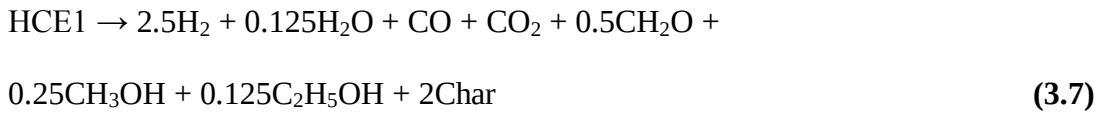
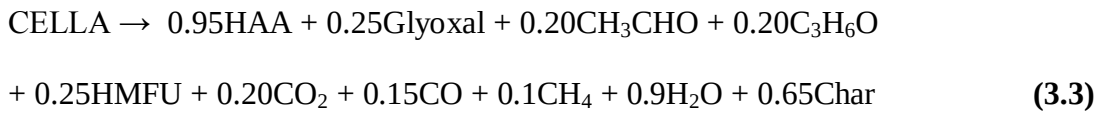


Lignoselülozik katı atıkların pirolizi sonucunda, üç ana ürün elde edilmektedir. Bunlar yarı koklaşmış katı ürün (char), yağ (oil) ve gazdır. Piroliz prosesi sayesinde, atıklar katı, sıvı ve gaz ürünlere dönüştürülebilmektedir. Bu ürünlerin bileşim ve oranları, büyük ölçüde hammadde tipine ve reaksiyon koşullarına bağlıdır.



Şekil 3.3. Selülozun bozunmasında çok adımlı toplu mekanizma

Katı atıkların pirolizi esnasında seri ve paralel olmak üzere çok çeşitli ve oldukça kompleks reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Bu karmaşık tepkimeler, biyokütlenin içeriğinde bulunan selüloz, hemiselüloz ve ligninin parçalanmalarının farklı ürünler oluşturması nedeniyle ortaya çıkar. Selüloz, hemiselüloz ve ligninin pirolizi esnasında gerçekleşen reaksiyonlar aşağıda verilmiştir [39].



$$0.125C_2H_5OH + 0.8G\{CO_2\} + 0.8G\{COH_2\} + 2Char \quad (3.9)$$

$$LIG-C \rightarrow 0.35LIGCC + 0.1pCoumaryl + 0.08Phenol + 1.49H_2 +$$

$$H_2O + 1.32G\{COH_2\} + 7.05Char \quad (3.10)$$

$$LIG-H \rightarrow LIGOH + C_3H_6O \quad (3.11)$$

$$LIG-O \rightarrow LIGOH + CO_2 \quad (3.12)$$

$$LIGCC \rightarrow 0.3pCoumaryl + 0.2Phenol + 0.35C_3H_4O_2 + 1.2H_2 +$$

$$0.7H_2O + 0.25CH_4 + 0.25C_2H_4 + 1.3G\{COH_2\} + 0.5G\{CO\} + 7.5Char \quad (3.13)$$

$$LIGOH \rightarrow LIG + 0.5H_2 + H_2O + CH_3OH + G\{CO\} + 1.5G\{COH_2\} + 5Char \quad (3.14)$$

$$LIG \rightarrow C_{11}H_{12}O_4 \quad (3.15)$$

$$LIG \rightarrow 0.7H_2 + H_2O + 0.2CH_2O + 0.5CO + 0.2CH_2O + 0.4CH_3OH + 0.2CH_3CHO + 0.2C_3H_6O_2 + 4CH_4 + 0.5C_2H_4 + G\{CO\} + 0.5G\{COH_2\} + 6Char \quad (3.16)$$

Burada;

CELL : Selüloz

CELLA: Aktif Selüloz

HAA : Hidroksi-Asetaldehit

HMFU : Hidroksimetil-Furfural

LVG : Levoglikozan

HCE : Hemiselüloz

LIG : Lignin'dir.

Biyokütle atıklarının pirolizi ile elde edilen ürünlerden çeşitli şekillerde yararlanmak mümkündür. Örneğin biyokütle piroliz sonrası elde edilen sıvı ürünler alkol, eter, ester veya diğer kimyasal yakıtlar olarak tanımlanabilir. Bu ürünlerden biyo-metanol, taşıtlarda performansı yükseltmek için benzinle karıştırılıp kullanılabilir. Ayrıca piroliz ile elde edilen sıvı ürünler rafine yakıtlara ulaşabilmek amacıyla ileri işlemlere tabi tutulabilir,

petrol rafinerisi girdisi ve benzeri akımlara karıştırılabilir. Katı ürün (çar) direk olarak yakılabilir, sıkıştırılarak odun biriketi haline getirilebilir ya da aktif karbon olarak kullanılabilir. Elde edilen hidrokarbonca zengin gazın ise ısı değeri yüksek olduğundan çeşitli amaçlarla kullanılabilir.

Piroliz işleminde, en önemli proses değişkenleri, ısıtma hızı, sıcaklık ve kalma süresi olarak ele alınabilir. Bu değişkenlerden ısıtma hızı üzerine ise özellikle reaktör tipi ve partikül boyutunun etkisi vardır. Herhangi bir reaktör tipi kullanılarak, partikül boyutunun artırılması halinde bitkisel yapıda ısı iletkenlik azalır, parçacık içinde ısıtma hızı düşer ve ürün verimlerinde değişimler olur. Seçilen herhangi bir partikül boyutu için ise reaktör tipi ısı aktarımının mekanizması üzerinde etkili olur. Diğer bir deyişle radyasyon, konveksiyon ve kondüksiyon mekanizmaları reaktör tipine bağlı olarak değişiklik gösterir.

Yavaş piroliz, uzun yıllardır kömürlerde uygulanan klasik bir yöntemdir. Zamanımızda metalürjide, özellikle çelik endüstrisinde gerekli olan kokun üretiminde uygulanan karbonizasyon işlemi yavaş pirolizin en bilinen, tipik bir örneğidir. Yavaş pirolizde en önemli parametreler sıcaklık ve süredir.

Çabuk pirolizi yavaş pirolizden ayıran en belirgin özellik ısıtma hızı ve maddenin piroliz ortamında kalış süresidir. Çabuk pirolizde maddenin piroliz ortamında kalma süresi milisaniye-saniye mertebesinde dir. Özellikle kömürlerin alternatif değerlendirme yollarından biri olan çabuk piroliz, kömürden hidrokarbonların elde edilmesi açısından etkin bir metottur.

Yavaş piroliz ile çabuk piroliz arasında uçucu ürün verimi açısından bir hayli fark vardır. Çabuk pirolizde uçucu ürün verimi büyük oranda artmaktadır. Düşük ısıtma hızı ve uzun kalma süresinden dolayı yavaş pirolizde oluşan birincil uçucu ürünler reaksiyon ortamını terk etmeye vakit bulamadan ikincil, üçüncül parçalanma ürünleri vermekte ve tekrar katıya dönüşme tepkimeleri oluşmaktadır. Bu dönüşüm olayları ise uçucu ürün verimini azaltmaktadır [40].

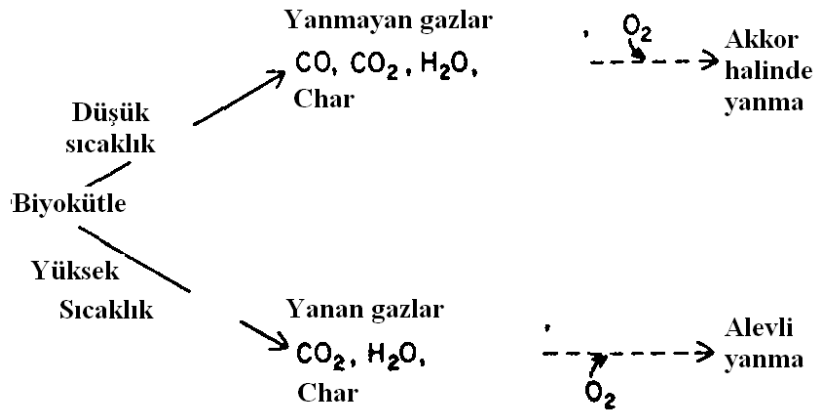
Çabuk pirolizi etkileyen parametreler ise maddenin cinsi (yapısındaki selüloz, hemiselüloz ve lignin oranları), sıcaklık, ısıtma hızı, tane büyüklüğü ve basınçtır.

Biyokütlenin pirolizinde (hızlı, flash, ultrapiroliz) genel olarak sıvı ürününü yüksek verimde elde etmek için kısa kalma süresi kullanılır. Hızlı piroliz yüksek ısıtma hızıyla karakterize edilir ve ürünün ikincil dönüşümünü engellemek için sıvı ürünler hızlı bir şekilde uzaklaştırılır [19].

Biyokütleye uygulanan çeşitli dönüşüm süreçleriyle, yakıt kalitesi yüksek, mevcut yakıtlara eşdeğer özelliklerde ve daha kullanışlı katı, sıvı ve gaz yakıtlar (kolay taşınabilir, depolanabilir ve kullanılabilir) veya kimya endüstrisi için değerli ürünler elde edilebilir. Biyokütleden elde edilen yakıtların çeşitliliği, uygulanan dönüşüm süreçleri ve kullanılan biyokütlenin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir [31].

Piroliz süreci, birincil ürünlerin toplam ya da kısmi oksidasyonu ile devam eden gazlaştırma sürecinin daima ilk adımıdır. Piroliz işleminde ürün dağılımı, sıcaklık, ısıtma hızı ve buharın alıkonma süresine bağlı olarak değişmektedir. Düşük proses sıcaklığı ve uzun alıkonma süresinde odun kömürü üretimi gerçekleşirken; yüksek sıcaklık ve uzun alıkonma süresinde biyokütlenin gaz ürüne dönüşümü artar. Orta sıcaklık ve kısa alıkonma zamanlarında ise optimum sıvı üretimi gerçekleşir [31].

Düşük sıcaklık yöntemiyle başlangıçta su yapıdan ayrılır. Selülozun termal bozunması su, asitler ve oksijen varlığında hızlanır. Sıcaklık arttıkça serbest radikaller karboksil, karbonil ve hidroperoksit grupları oluşur. Isıtma devam ettikçe termal bozunma hızı artar. Yüksek sıcaklık yönteminde birincil reaksiyon depolimerizasyondur. Selülozun yapısı glikoz üretmek için yeterli enerjiyi absorbe ettiğinde glikozit bağları kırılır. [24].



Şekil 3.4 Düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık yöntemiyle odunun bozunması

Çizelge 3.1’de örnek olarak odunun farklı piroliz süreçleri için ürün dağılımı verilmiştir [31].

Çizelge 3.1. Odunun farklı piroliz süreçleri için ürün dağılımı [31].

Piroliz süreci	Süreç koşulları	Ürün dağılımları (%)		
		Katı	Sıvı	Gaz
Hızlı piroliz	Orta sıcaklık ve kısa alıkonma süresi	12	75	13
Karbonizasyon	Düşük sıcaklık ve uzun alıkonma süresi	35	30	35
Gazlaştırma	Yüksek sıcaklık ve uzun alıkonma süresi	10	5	85

Pirolizi etkileyen en önemli faktörlerden bir diğeri de uygulanan piroliz koşullarıdır. Piroliz sıcaklığı ve ısıtma hızı piroliz koşullarını oluşturur. Örneğin yüksek sıcaklıklarda ve yüksek ısıtma hızlarında uygulanan pirolizde gaz ürün verimi yükselirken, düşük ısıtma hızlarında ve düşük sıcaklıklarda katı ürün verimi daha yüksek olur. Biyokütleler genellikle 150 °C' ye kadar dayanıklıdır, bu sıcaklığa kadar sadece dehidrasyon ile içeriğindeki nemi kaybeder. Selülozik kısımların bozunması 300 °C civarında başlar ve 350 °C' den sonraki sıcaklıklarda karbon içeriği yüksek olan katı ürün oluşmaya başlar. Sıcaklık 450 °C olduğunda sıvı ürün verimi yükselmeye başlar ve sıcaklık 700 °C' lere geldiğinde gazlaşma tepkimeleri sonucunda sıvı ve katı ürün verimleri azalırken gaz ürün verimi artar [11].

4. BİYOKÜTLENİN PİROLİZ KİNETİĞİ

4.1. Termal Analiz

Uluslararası Termal Analiz ve Kalorimetri Konfederasyonu (ICTAC-International Confederation of Thermal Analysis and Calorimetry) tarafından termal analiz, bir madde sıcaklığının kontrollü bir şekilde değiştirildiğinde, o maddenin özelliklerindeki değişimin, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçülmesini içeren bir grup teknik olarak tanımlanmıştır [8]. Karbonizasyon ve piroliz gibi katı faz bozunma tepkimelerinin kinetiğini termoanalitik yöntemlerle incelemek mümkündür [12].

Katı hal piroliz reaksiyonlarından elde edilen kinetik veriler çok önceden beri farklı izotermal analiz metotları kullanılarak belirlenmektedir. İzotermal kinetik veriler genellikle farklı sıcaklıklarda izotermal şartlar altında kalma sürelerini değiştirerek birkaç çalışmanın gösterilmesiyle elde edilir. Ayrıca izotermal çalışmalar istenilen çalışma sıcaklığına ısıtma süresince izotermal olmayan davranış içerisindedirler. İzotermal metotların zahmetli olduğu düşünüldüğünden izotermal olmayan metotlara olan ilgi artmaktadır. Ancak izotermal olmayan metotların cazip gelen kolaylığına rağmen kinetik parametreleri gerçeğe uygun bir şekilde vermek konusunda yetersizlikleri de mevcuttur [8].

Termal analiz çalışmaları, durgun piroliz ortamı ve basıncında, sabit ısıtma hızında, statik olarak yapılabilirken, sistem boyunca bir gaz akısıyla ve farklı ısıtma hızlarında piroliz ortamı dinamik olarak da yapılabilir. Kabul edilebilir ısıtma hızı genelde 10 °C/dk'dır. Piroliz ortam şartları önceden seçilebilir veya arzu edildiği gibi değiştirilebilir [32]. Termal analiz teknikleri özelliklerine göre Çizelge 4.1 de verilmiştir [8].

Çizelge 4.1. Termoanalitik tekniklerin sınıflandırılması (Kütle, sıcaklık, ısı)

Özellik	Teknik	Ölçülen Parametre	Kısaltması
Kütle	Termogravimetrik Analiz	Numunenin Kütle	TGA
Kütle	Diferansiyel Termogravimetri	Kütlenin Birinci Türevi	DTG
Sıcaklık	Diferansiyel Termal Analiz	Numune ile İnert Referans Madde Arasındaki Sıcaklık Farkı	DTA
Sıcaklık	Diferansiyel Termal Analizin Türevi	DTA Eğrilerinin Birinci Türevi	
Isı	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri	Numune ya da Referansa Verilen Isı	DSC

4.1.1.Termogravimetrik Analiz (TGA)

TGA en çok kullanılan termoanalitik yöntemdir ve hızla biyokütle pirolizinde kullanımı artmaktadır [8]. Genellikle TGA/DTG termogramlarının şeklinin, tepkime kinetiğinin bir fonksiyonu olacağı, bu nedenle kinetik değişkenlerin TGA verilerinden hesaplanabileceği bilinmektedir [32].

Termogravimetrik analizde, izotermal çalışmalar için ağırlık zamanın bir fonksiyonu olarak çizilirken, sabit ısıtma hızındaki deneylerde ise ağırlık sıcaklığın bir fonksiyonu olarak çizilir [32].

4.1.2.Diferansiyel Termal Analiz (DTA)

Diferansiyel termal analiz (DTA), maddenin termal davranışlarını incelemek için kullanılan ilk termo-analitik araçtır. DTA, sabit hızla ısıtılan bir sistemde, zamana (t) karşı sıcaklığın (T) çizildiği bir eğrisidir. DTA’ da iki hücre kullanılır. Biri referans materyal örneğini içerirken, diğeri artan/azalan sıcaklık programına karşı inert tavrı incelenecek örneği içerir. Referans materyal ve örnek arasındaki sıcaklık farkı (T) zaman veya sıcaklığa karşı çizilir. Geleneksel olarak endotermik pikler aşağı doğru, ekzotermik pikler yukarı doğru çizilir [8,32].

4.1.3.Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC)

Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC), inert referans maddeye karşı numunenin ısı akısı kıyaslanır [8].

Başka bir deyişle DSC, bir maddenin enerji girdilerini ve kontrollü sıcaklık programına maruz kalan referans materyalin enerji girdilerini ölçer. Pratik olarak, entalpi ve spesifik ısı değişikliklerinin dahil olduğu tüm fiziksel ve kimyasal prosesler ve yoğun faz sistemlerinde DSC uygulanabilir. DSC ölçümleri kantitatifdir. Entalpi değişimi genellikle reaksiyon ekseninin bir lineer fonksiyonudur. Bir DSC ölçümü entalpi değişim oranını verir. DSC ile DTA birbirlerine benzerdir. DSC tekniği, sıcaklık sensörleri arasındaki sıcaklık farkını ölçer. DTA' da ise referans materyal aynı programlı sıcaklık değişimine maruzdur [8,32].

DSC' de DTA gibi aynı temel prensipleri kullanılır. DSC' de ısıtma boyunca örneği tanımak için referans materyalin sıcaklığı sabit tutulur. Böylece, eğer örnek ve referans arasında sıcaklıkta bir değişiklik olursa, örneğin girdi değeri sıcaklık dengesini değiştirir [32].

4.2. Biyokütlenin Termal Bozunması İçin Kullanılan Kinetik İfadeler

Biyokütle piroliz kinetiğinin bilinmesi uygun piroliz sistemlerinin tasarımı için gereklidir. Biyokütlenin ısıl davranışı, kimyasal bileşimine ve yapısına bağlıdır. Bunun dışında, ısıtma hızı, basınç, parçacık boyutu, piroliz ortamı gibi deneysel faktörler de biyokütlenin ısıl bozunmasında etkilidir [11].

Bitkisel biyokütle kaynaklarından doğrudan yakma yoluyla ısı enerjisi üretimi veya termokimyasal dönüşüm süreçleri ile katı, sıvı ve gaz yakıtların üretimi yaygın olarak uygulanan süreçlerdir. Bu süreçler için uygun sistemlerin tasarımının yapılabilmesi için biyokütlenin piroliz kinetiğinin bilinmesi gerekmektedir [12].

Lignoselülozik maddelerin ısıl bozunması çok sayıda paralel ve ardışık karmaşık kimyasal tepkimeleri içerir. Bu nedenle piroliz kinetiğinin tam olarak açıklanması çok güçtür. Biyokütle pirolizi söz konusu olduğunda ise hammaddenin heterojen yapısı oluşan tepkimelerin açıklanmasını daha da zorlaştırır. Yapılan çalışmalar, pirolizin 2 adımın birleşmesi ile oluştuğunu gösterir. Birincil tepkimeler; katı ürünün, H₂O ve CO₂'nin oluşumuna neden olan dehidrasyon ve katılaşma reaksiyonlarını içerir. Biyokütlenin

pirolizinde birincil reaksiyonların 200-400°C arasında gerçekleştiği kabul edilir. Sıcaklık 400°C üzerine çıkarıldığında, ikinci adımda, yanıcı uçucuların oluştuğu depolimerizasyon ve volatilizasyon reaksiyonları yer alır [11].

Piroliz modelleri prensip olarak üç kategoriye ayrılabilir: tek-adımlı reaksiyon modelleri, çok-adımlı reaksiyon modelleri ve yarı-global modeller. Pirolizin genelde seri reaksiyonlar, paralel reaksiyonlar ve bunların kombinasyonu şeklinde ilerlediği tarif edilir. Tek-adımlı modellerde uçucuların ayrılmasındaki tüm hız tanımlanır. Bu modellerle bir çok piroliz sisteminde anlamlı global bir görünür aktivasyon enerjisi elde edilmesi çok güçtür. Yarı-global modellerde piroliz ürünleri üç farklı kesirle ifade edilir: uçucular, katran ve char. Bu model sıklıkla kullanılır çünkü biyokütlenin uçuculuğu üç paralel reaksiyonla açıklanır. Bu teknik aynı reaksiyon şartları altında farklı biyokütle çeşitlerinden elde edilen kinetik veri ve korelasyon için uygun bir seçenektir. Ancak farklı reaksiyon şartlarında kinetik veriler gerçeğe tam olarak uymaz. Farklı reaksiyon şartları için biyokütlenin kinetik davranışını öngörebilmek amacıyla çok-adımlı modeller geliştirildi. Burada tüm ürünlerin oluşum hızları için piroliz verileri hesaplanmalıdır. Örneğin; Alves ve Figueiredo selülozun pirolizinin üç seri birinci dereceden reaksiyon kullanılarak başarılı bir şekilde modellenebileceği sonucuna vardılar. Diebold tarafından yapılan bir çalışmada selülozun pirolizi için yedi adımlı bir global kinetik model önerildi ve uygun sonuçlar elde edildi [8].

Genellikle, TGA eğrilerinin şeklinin tepkime kinetiğinin bir fonksiyonu olacağı; bu nedenle, kinetik değişkenlerin TGA eğrilerinden hesaplanabileceği bilinmektedir. Bu amaçla geliştirilmiş olan çeşitli yöntemler Flynn ve Wall tarafından aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır [12]:

1. Ağırlığın sıcaklıkla değişiminin doğrudan kullanıldığı “integral yöntemler”,
2. Ağırlık değişim hızının kullanıldığı “diferansiyel yöntemler”,
3. Ağırlık değişim hızındaki ikinci farkların göz önünde bulundurulduğu “fark diferansiyel yöntemler”,
4. İlk hızlara uygulanabilen özel yöntemler,
5. Lineer olmayan ısıtma hızının kullanıldığı yöntemler.

Biyokütle bozunma kinetiğinin genelde tek bir reaksiyon üzerinden yürüdüğü öngörülür ve izotermal şartlar altında aşağıdaki eşitlikle açıklanabilir [8].

$$\frac{d\alpha}{dt} = k.f(\alpha.) \quad (4.1)$$

$$k = A \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{R \cdot T}\right) \quad (4.2)$$

$$T = T_0 + \beta \cdot t \quad (4.3)$$

α : Bozunma oranı veya dönüşüm,

k: Tepkime hız sabiti (s^{-1}),

A: Frekans faktörü (s^{-1}),

E_a : Tepkime aktivasyon enerjisi ($kJ \cdot mol^{-1}$),

R: Gaz sabiti ($kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$),

β : Sabit ısıtma hızı ($K \cdot s^{-1}$),

T_0 : Başlangıç sıcaklığı (K) ve

T: t anındaki sıcaklık (K)

$$\alpha = \frac{W_0 - W_t}{W_0 - W} \quad (4.4)$$

(4.1), (4.2) ve (4.3) numaralı eşitlikler birleştirilirse,

$$\frac{d\alpha/dT}{f(\alpha)} = \left(\frac{A}{\beta}\right) \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{R \cdot T}\right) \quad (4.5)$$

eşitliği elde edilmektedir. Bu eşitlik, her iki tarafın logaritması alınarak lineerleştirilir.

$$\ln\left[\frac{d\alpha/dT}{f(\alpha)}\right] = \ln\left(\frac{A}{\beta}\right) - \left(\frac{E_a}{R \cdot T}\right) \quad (4.6)$$

Lineerleştirilmiş (4.6) eşitliği, kinetik değişkenleri hesaplamak amacıyla birçok araştırmacı tarafından, farklı $f(\alpha)$ fonksiyonları kabul edilerek kullanılmıştır [12]. Katı hal reaksiyonlarında en yaygın kullanılan reaksiyon modelleri için kinetik ifadeler Çizelge 4.2 de verilmiştir [8].

(4.6) eşitliği, kabul edilen $f(\alpha)$ fonksiyonunun yapısına bağlı olarak, karmaşık veya basit olabilmektedir. Fakat, esas olarak eşitliğin sol tarafı ile $1/T$ arasında çizilen grafikte elde edilen doğrunun eğiminden “E”, kaymasından ise “A” değeri hesaplanabilmektedir. Buradaki $f(\alpha)$ fonksiyonu, bozunma tepkimesi için geçerli olan en uygun kinetik modeli ifade etmektedir[15]. Bir başka deyişle $f(\alpha)$ reaksiyon modelini gösteren ve kontrol mekanizmasına bağlı olan bir dönüşüm fonksiyonudur [8].

Çizelge 4.2. Katı hal reaksiyonlarında en yaygın kullanılan reaksiyon modelleri için kinetik ifadeler

Reaksiyon Modeli	$f(\alpha)=(1/k)(da/dt)$	$g(\alpha)=\int da/f(\alpha)=kt$
Reaksiyon Mertebesi		
Sıfırıncı Mertebe (n=0)	$(1-\alpha)^n$	α
Birinci Mertebe (n=1)	$(1-\alpha)^n$	$-\ln(1-\alpha)$
n. mertebe	$(1-\alpha)^n$	$1-(n-1)^{-1} \cdot (1-\alpha)^{(1-n)}$
Nükleasyon		
Güç Kanunu	$n.(\alpha)^{(1-1/n)}$; n=2/3,1,2,3,4	α^n ; n=3/2,1,1/2,1/3,1/4
Üs Kanunu	$\ln \alpha$	α
Avrami-Erofeev (AE)	$n(1-\alpha) \cdot [-\ln(1-\alpha)]^{(1-1/n)}$; n=1,2,3,4	$[-\ln(1-\alpha)]^{(1/n)}$; n=1,2,3,4
Prout-Tomkins (PT)	$\alpha \cdot (1-\alpha)$; n=1 $(1/n) \cdot (1-\alpha) \cdot [-\ln(1-\alpha)]^{(1-n)}$; n=2,3,4	$\ln[\alpha \cdot (1-\alpha)^{-1}]$; n=1 $[-\ln(1-\alpha)]^n$; n=2,3,4
Difüzyon		
Bir Boyutlu	$1/2 \cdot \alpha$	α^2
İki Boyutlu	$[-\ln(1-\alpha)]^{-1}$	$(1-\alpha) \cdot \ln(1-\alpha) + \alpha$
Üç Boyutlu (Jander)	$(3/2) \cdot (1-\alpha)^{2/3} [1-(1-\alpha)^{1/3}]^{-1}$	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$
Üç Boyutlu (Ginstling-Brounshtein)	$(3/2) \cdot [1-(1-\alpha)^{-1/3}]^{-1}$	$[1-(2/3) \cdot \alpha] - (1-\alpha)^{2/3}$
Büzülen Geometri		
Büzülen Alan	$(1-\alpha)^{(1-1/n)}$; n=2	$1-(1-\alpha)^{1/n}$; n=2
Büzülen Hacim	$(1-\alpha)^{(1-1/n)}$; n=3	$1-(1-\alpha)^{1/n}$; n=3

TGA eğrilerinden kinetik değişkenleri elde etmek üzere, çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiş olan yöntemlerden birkaçı aşağıda özetlenmiştir:

1. Friedman Yöntemi
2. Flynn-Wall-Ozawa Yöntemi
3. Coats-Redfern Yöntemi
4. Zsako Tarafından Düzenlenmiş Doyle Yöntemi
5. Van Krevelen Yöntemi

4.2.1.Friedman Yöntemi

Sabit dönüşüm oranına dayanan modellerde TGA verilerinin değerlendirilmesinde diferansiyel veya integral yaklaşımlardan biri uygulanır. Diferansiyel yöntemler sıcaklık integraline ihtiyaç duymaz ve böylece kinetik parametreler doğrudan hesaplanabilir.

Friedman yöntemi sabit dönüşüm oranına dayanan diferansiyel bir yöntemdir. Genel terimleri aşağıdaki gibidir [8].

$$\frac{d\alpha}{dt} = \beta \left(\frac{d\alpha}{dT} \right) = A \cdot \exp \left(\frac{-E_a}{R \cdot T} \right) f(\alpha) \quad (4.7)$$

Eşitliğin her iki tarafının doğal logaritması alınır aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\ln \left(\frac{d\alpha}{dt} \right) = \ln \left[\beta \left(\frac{d\alpha}{dT} \right) \right] = \ln [A \cdot f(\alpha)] - \left(\frac{E_a}{R \cdot T} \right) \quad (4.8)$$

Burada dönüşüm fonksiyonu $f(\alpha)$ nın sabit olduğu kabul edilir. Bu da biyokütle bozunmasının sıcaklıktan bağımsız ve sadece kütle kaybı hızına bağlı olduğu anlamına gelir. $1/T$ ye karşı $\ln(d\alpha/dt)$ nin grafiğe geçirilmesiyle elde edilen grafiğin eğimi $-E_a/R$ yi verir.

4.2.2.Flynn-Wall-Ozawa Yöntemi

Flynn-Wall-Ozawa yöntemi sabit dönüşüm oranına dayanan, görünür aktivasyon enerjisinin reaksiyon boyunca ($t=0$ dan dönüşümün α olduğu t_α ya kadar) sabit kaldığı kabul edilen integral bir yöntemdir. (4.8) eşitliği α ve T değişkenlerine göre integrallenirse [8],

$$g(\alpha) = \int_0^\alpha \frac{d\alpha}{f(\alpha)} = \frac{A}{\beta} \cdot \int_0^{T_\alpha} \exp \left(\frac{-E}{R \cdot T} \right) dT \quad (4.9)$$

Burada T_α , dönüşümün α olduğu zamandaki sıcaklıktır. Eğer E_a/RT yerine x yazılırsa:

$$g(\alpha) = \frac{A \cdot E_a}{\beta \cdot R} \cdot \int_\alpha^\infty \frac{\exp^{-x}}{x^2} = \frac{A \cdot E_a}{\beta \cdot R} \cdot p(x) \quad (4.10)$$

Burada $p(x)$ sıcaklığa bağlı olarak tanımlanan Eşitlik 4.9'da en sağdaki integrali göstermektedir. Sıcaklık integrali kapalı biçimli bir analitik çözümü yoktur. Doyle tarafından verilen ampirik interpolasyon eşitliği ile yaklaşık değeri ifade edilebilir:

$$\log p(x) \cong -2,315 - 0,4567 \cdot x, \quad 20 \leq x \leq 60 \quad (4.11)$$

Sıcaklık integrali için Doyle yaklaşımı kullanarak eşitliği her iki tarafının logaritması alınır:

$$\log \beta = \log \left(A \frac{E_a}{Rg(\alpha)} \right) - 2.315 - 0.4567 \frac{E_a}{R.T} \quad (4.12)$$

FWO metodunda farklı ısıtma hızları için $1/T$ ye karşı β değerleri grafiğe geçirilirse sabit dönüşüm derecesi için lineer doğrular elde edilir. Bu doğruların eğimi $(-0.4567E_a/RT)$ görünür aktivasyon enerjisiyle orantılıdır.

4.2.3.Coats-Redfern Yöntemi

Bu integral yöntemde, $g(\alpha)$ fonksiyonu için bir reaksiyon mertebesi kabul edilerek,



denklemleri uyarınca gerçekleşen bir katı faz bozunma tepkimesinde, A maddesinin ayrışma hızı aşağıdaki kinetik eşitlik ile ifade edilir [12].

$$\frac{d\alpha}{dt} = k.(1-\alpha)^n \quad (4.13)$$

Burada n reaksiyon mertebesidir. (4.13) eşitliğinin integrali alınıp lineerleştirme yapılarak, kinetik değişkenlerin hesaplandığı eşitlikler türetilmiştir. Bu eşitlikler:

1. $n \neq 1$ için;

$$\log \left[\frac{1-(1-\alpha)^{1-n}}{(1-n).T^2} \right] = \log \left[\frac{A.R}{\beta.E_a} \right] - \left[\frac{E_a}{2.303.R.T} \right] \quad (4.14)$$

Uygun “ n ” değeri seçilip, $1/T$ ’ ye karşı $\log(1-(1-\alpha)^{1-n}/(1-n).T^2)$ grafiği çizilerek elde edilen doğrunun eğiminden “ E_a ”, kaymasından ise $\log A$ değeri hesaplanabilmektedir.

2. $n=1$ için;

$$\log \left[-\log \frac{(1-\alpha)}{T^2} \right] = \log \left[\frac{A.R}{\beta.E_a} \right] - \left[\frac{E_a}{2.303.R.T} \right] \quad (4.15)$$

$1/T$ ’ ye karşılık $\log(-\log(1-\alpha)/T^2)$ grafiği çizilerek eğimi $[-E_a/(2.303.R)]$ kayması $\log[A.R/(\beta.E_a)]$ olan bir doğru elde edilmekte ve kinetik değişkenler hesaplanabilmektedir.

4.2.4.Zsako Tarafından Düzenlenmiş Doyle Yöntemi

Sıcaklığın lineer bir hızla arttığı dinamik sistemlerdeki sıcaklık değişimi, zamanın fonksiyonu olarak (4.3) eşitliği ile ifade edilebilmektedir. Bu sistemlerde, ağırlık değişimi veya dönüşüm, zamanın veya sıcaklığın fonksiyonu olarak ifade edilmektedir; (4.1) eşitliğinde, dönüşüm, zamanın bir fonksiyonu olarak aşağıdaki şekle dönüştürülebilmektedir [12].

$$\frac{d\alpha}{dT/\beta} = kf(\alpha) \quad (4.16)$$

(4.3) eşitliği (4.16) eşitliğinde yerine konur ve gerekli düzenleme yapılırsa:

$$\frac{d\alpha}{f(\alpha)} = \frac{A}{\beta} \cdot e^{\frac{-E_a}{R.T}} \cdot dT \quad (4.17)$$

eşitliği elde edilmektedir. İntegral yöntemlerde, eşitliklerin integre edilmiş hali kullanıldığından, (4.17) eşitliği aşağıdaki gibi düzenlenebilir:

$$g(\alpha) = \frac{A.E_a}{\beta.R} \cdot P(x) \quad (4.18)$$

Burada, $g(\alpha)$ dönüşüm fonksiyonunun integralidir.

$$g(\alpha) = \int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{f(\alpha)} \quad (4.19)$$

$P(x)$ ise eksponansiyel integraldir ve $U=E_a/R.T$ değişken dönüşümü yapılarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir:

$$P(x) = \int_x^{\infty} \frac{e^{-U}}{U^2} \cdot dU \quad (4.20)$$

$P(x)$ eksponansiyel integralinin kesin bir çözümü yoktur. Doyle, aşağıdaki ampirik ifade ile bu integralin hesaplanabileceğini göstermiştir

$$P(x) = e^{-x} \cdot \frac{1}{x.(x + 2)} , \quad x = \frac{E_a}{R.T} \quad (4.21)$$

(4.21) eşitliğinin, $x=E_a/R.T'$ nin 10-50 arasındaki değerleri için mükemmel sonuçlar verdiği saptanmıştır. $P(x)$ integralinin hesabında daha iyi bir yaklaşım sağlayan Zsako tarafından kullanılan diğer bir ampirik eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$P(x) = \frac{e^{-x}}{(x+2).(x-d)} \quad \left[d = \frac{16}{x^2 - 4.x + 84} \right] \quad (4.22)$$

Bu eşitlik. (4.18) eşitliğinin logaritması alınarak lineerleştirilebilmektedir.

$$\log g(\alpha) = \log \frac{A.E_a}{\beta.R} + \log P(x) \quad (4.23)$$

Bu yöntem, $\log g(\alpha)$ ve $\log P(x)$ fonksiyonlarının farkının sabit olması esasına dayanmaktadır.

$$B = \log \frac{A.E_a}{\beta.R} = \log g(\alpha) - \log P(x) \quad (4.24)$$

TGA eğrisi üzerinde seçilen her iki nokta için, (4.24) eşitliği kullanılarak belirlenen B'' değerleri (4.25) ve (4.26) eşitliklerinde yerine konularak, standart sapma değerleri hesaplanabilmektedir.

$$\delta = \left[\frac{\sum (B_i - \bar{B})^2}{M} \right]^{1/2} \quad (4.25)$$

$$D = \left[\frac{\sum (B_i - \bar{B})^2}{M \bar{B}^2} \right]^{1/2} \quad (4.26)$$

B_i : TGA eğrisinin herhangi bir noktası için hesaplanan değer,

B : B_i değerlerinin aritmetik ortalaması ve

M : Kullanılan deneysel veri sayısıdır.

Bu yöntemde minimum standart sapma gösteren $g(\alpha)$ fonksiyonu, tepkimenin kinetik modeli olarak kabul edilmekte ve aktivasyon enerjisi;

$$B = \log \frac{A.E_a}{\beta.R} \quad (4.27)$$

Frekans faktörü ise;

$$\log A = B + \log(R.\beta) - \log E_a \quad (4.28)$$

eşitliklerinden yararlanılarak hesaplanmaktadır.

4.2.5. Van Krevelen Yöntemi

Bu integral yöntem uygulanırken, araştırmacılar tarafından bir referans sıcaklık (T_s) tanımı yapılmıştır. Referans sıcaklık, TGA analiz sonucu elde edilen tepkime eğrisinin sapma noktasının gözlemlendiği sıcaklıktır. Sapma noktası, eğrinin eğiminin en yüksek olduğu nokta olarak tanımlanmaktadır. [12].

$$\ln \left[\frac{1 - (1 - \alpha)^{1-n}}{1 - n} \right] = \ln \left[\frac{A}{\beta} \cdot \left[\frac{0.368}{T_s} \right]^{\frac{E}{R \cdot T_s}} \cdot \left[\frac{E}{R \cdot T_s} \right]^{-1} \right] + \left[\frac{E}{R \cdot T_s} + 1 \right] \cdot \ln T \quad (4.29)$$

Uygun “n” değeri seçilerek, $\ln T$ ’ ye karşılık $\ln \left[1 - (1 - \alpha)^{1-n} / (1 - n) \right]$ grafiği çizildiğinde, eğimi $[E/(R \cdot T_s) + 1]$ ve kayması $\left(\ln \left[\frac{A}{\beta} \cdot \left[\frac{0.368}{T_s} \right]^{\frac{E}{R \cdot T_s}} \cdot \left[\frac{E}{R \cdot T_s} \right]^{-1} \right] \right)$ olan bir doğru elde edilmektedir.

Sonuç olarak, karmaşık bir konu olan piroliz kinetiği incelenirken biyokütlenin ana bileşenlerinin bağımsız olarak bozunduğu ve bunların toplamının biyokütlenin ısı bozunum davranımını temsil ettiği kabul edilmektedir.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, biyokütle kaynağı olarak seçilen mısır koçanının pirolizine çeşitli parametrelerin etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu parametreler sıcaklık, ısıtma hızı, kalma süresi ve mısır koçanı miktarı olarak seçilmiştir. Yapılan piroliz deneyleri sonucunda bu parametrelerin katı, sıvı ve gaz ürün verimine ve ürün dağılımına etkisi incelenmiştir.

5.1. Mısır Koçanının Hazırlanması

Yapılan çalışmada Karaçay hibrit mısır örnekleri, Doğu Anadolu ve Karadeniz Bölgeleri'nden sağlanmıştır [50]. Mısır örnekleri tane ve koçanlarına ayrıldıktan sonra koçan kısımları kullanılmıştır. 100 °C'ye ayarlanmış etüvde 3 saat kurutulmalarının ardından, boyut küçültme işlemi uygulanmıştır. Kurutulan mısır koçanları, kaput bezi içerisine yerleştirilerek çekiçe vurulmak suretiyle uygun tane iriliğine kırıldıktan sonra dikey öğütme diskli bir el değirmeninde öğütüldü. Öğütülmüş mısır koçanı tekrar bir havan yardımıyla dövülmek suretiyle deneylerde kullanılmaya uygun boyuta getirildi. Daha sonra elenerek -30 +50 , -50+100, -100 mesh partikül boyutunda üç farklı büyüklükte elde edilmiş ve deneysel çalışmalarda -30+50 mesh büyüklük kullanılmıştır. Elenen örnekler, havanın neminden etkilenmemeleri için deneysel çalışmalar boyunca desikatörde muhafaza edilmiştir.

Piroliz sonucunda reaktör içerisindeki sıvı ürünler Tetrahidrofuran (Katalog no:87368, Sigma Aldrich) ile ekstrakte edilmek suretiyle uzaklaştırılmış ve teflon kapaklı, cam tüplere konularak muhafaza edilmiştir.

5.2. Hammaddenin Elementel Analizi

Mısır koçanının elementel analizi (C, H, N ve S) -100 mesh büyüklüğündeki örnekler kullanılarak, İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde Leco CHNS-932 marka elementel analiz cihazında yaptırılmıştır. Yapıdaki oksijen ise farktan hesaplanmıştır.

5.3. Hammaddenin Kısa Analizi

Mısır koçanının kısa analizlerinde -100 parçacık boyutundaki örnekler kullanılmıştır. Tüm analizler 3 paralel deney olarak yapılmış ve bu deneyler sonucunda elde edilen verilerin ortalamaları alınmıştır.

5.3.1. Nem tayini

Deneysel çalışmalarda kullanılan mısır koçanının öncelikle nem tayini yapılmıştır. Biyokütle kaynağı 105 °C’de Mettler LJ16 nem tayin cihazında sabit tartıma gelene kadar 2 saat süreyle bekletilmek suretiyle tayin gerçekleştirilmiştir.

5.3.2. Uçucu madde tayini

Mısır koçanından 1,00±0,05 g tartılarak sabit tartıma getirilmiş kapaklı bir porselen kroze konmuştur. Bu kroze 900±50 °C’deki kül fırınında 7 dk bekletilip çıkarıldı ve desikatörde soğutularak tartıldı. Krozenin başlangıç ağırlığıyla son ağırlığı arasındaki farktan aşağıdaki eşitlik kullanılarak uçucu madde miktarı hesaplanmıştır (ASTM E 897-82).

$$\% \text{ Uçucu Madde} = (m_o - m_1) / m * 100 \quad (5.1)$$

Burada;

m=Başlangıçtaki örnek miktarı, g

m_o = Başlangıçtaki ağırlık, g

m₁ = Deney sonrası ağırlık, g dır.

5.3.3. Kül tayini

Kül tayini, uçucu madde tayini sonrası kalan madde 600 °C’de kül fırınında, sabit tartıma gelene kadar bekletilmek suretiyle yapılmıştır (ASTM D 1102-84). Sabit tartıma gelene kadar krozede kalan kül göz önüne alınarak örneğin yüzde kül içeriği (5.2) nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ K  l} = (m_4 - m_3) / m_2 * 100 \quad (5.2)$$

Burada;

m_2 = Başlangıçtaki  rnek miktarı, g

m_3 = Uçucu madde tayini sonrası ağırlık, g

m_4 = Deney sonrası ağırlık, g dır.

5.3.4. Sabit karbon tayini

Sabit karbon yüzdesi (5.3) nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Sabit Karbon} = 100 - (\% \text{ Uçucu madde} + \% \text{ Nem} + \% \text{ K  l}) \quad (5.3)$$

5.4. Fourier Transform Infrared (FTIR) Spektrumu

Mısır koçanının kimyasal yapısındaki fonksiyonel gruplarının belirlenmesi amacıyla uygulanan FTIR spektrumu, ATI Unicam Mattson 1000 model FTIR spektrometresi kullanılarak alındı.

Analiz için öncelikle mısır koçanı ile KBr karışımından geçirgen diskler hazırlandı. Bunun için 105  C’de kurutulmuş KBr’den (Merck, 1.04907.0100) yaklaşık 1,0 g tartıldı.  zerine katı örneklerinden -100+50 mesh boyutunda 10 mg tartılarak ilave edildi. Daha sonra karışım bir agat havanda         .           ten sonra etüvde 2 saat kurutuldu. Bu karışımdan 0,3 g kadar örnek alınıp Graceby Specac marka vakumlu pres kullanılarak 4.10³ kgf/cm²’lik basınç altında 1 cm çaplı geçirgen diskler hazırlandı ve FTIR spektrumları çekildi.

5.5. Termal Analiz

Termal analiz, bir maddenin kontrollü biçimde ısıtılması ya da soğutulması sırasında ağırlık azalması, fiziksel özellik değişimlerinin, sıcaklığın fonksiyonu olarak ölçülmesidir. Termogravimetrik analiz tekniği ise bir maddenin sıcaklığındaki değişim sırasındaki ağırlık değişiminin kantitatif olarak incelenmesidir. Ağırlık değişimi yüksek sıcaklıklarda

fiziksel veya kimyasal bağların kopması veya oluşumu sonucunda meydana gelir. Bu esnada ortaya çıkan uçucu maddeler sistemden ayrılacağı için ağırlıkta azalma olmaktadır. Termogravimetrik analiz sırasında örnek madde özel bir fırın içinde belirli bir sıcaklık programına göre ısıtılır. Örnek, fırın içine özel bir kroze veya terazi kefesi içinde asılı olarak konur ve bu esnada ağırlığı sürekli olarak kaydedilir. Ağırlık ölçümü örnek maddenin bağlı olduğu bir otomatik düzenekle yapılır. Otomatik tartım mekanizması, tartım kolunun belirli bir set noktasından sapmasını tespit eden duyarlı bir sistemdir [51].

Mısır koçanının TGA analizi Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü'nde, Mettler Toledo Thermal Analysis System TGA/SDTA 851 model TGA cihazında gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak azotun kullanıldığı analiz -100 +50 mesh büyüklüğündeki 6,5113 mg örnek kullanılarak 25-900 °C sıcaklık aralığında 20 °C/dk ısıtma hızında gerçekleştirilmiştir.

5.6. Deney Sistemi

Mısır koçanının pirolizinde, 2 cm çaplı, ana gövdesi 4 cm yüksekliğindeki mini, silindirik, kapalı alüminyum kaplar kullanılmıştır. Reaktörün ısı iletim katsayısı yüksek alüminyumdan ($k=200 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) yapılmış olması hızlı ısıtma sağlamıştır. Reaktörün ısıtılmasında maksimum sıcaklığı 1200 °C olan DC1010 mikro işlemcili LED kontrol paneli olan Proterm marka PLF 120/27 model kül fırını kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan bu ekipmanlar Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de görülmektedir.



Şekil 5.1. Piroliz deneylerinde kullanılan fırın (1, fırının dış görünüşü; 2, fırının iç görünüşü.)



Şekil 5.2. Piroliz deney sistemi (3, reaktör gövdesi; 4, kapatılmış reaktör; 5, reaktör kapağı; 6, metal kapatma çubuğu)

Piroliz sırasında reaktör dişleri arasından sızdırmazlığı sağlamak amacıyla kapak dişlerinin üzeri deneyler öncesinde silisyumla güçlendirilmiş teflon bant ile sarılmıştır. Reaktör kapağında bulunan 0,5 cm çapındaki delikten geçirilen kapatmaya yardımcı 10 cm uzunluğundaki bir metal çubuk kullanılarak el ile kapatılabilmektedir.

5.7. Deneyin Yapılışı

Deneyisel çalışmalarda $-30+50$ mesh büyüklüğündeki $0,100\pm0,005$ g mısır koçanı reaktör dik konumda iken tabanına düzgün bir şekilde konulduktan sonra 1 dakika boyunca 20 ml/dk hızla azot gazı geçirilip kapağı hemen kapatılarak reaktör hazırlandı. Fırın sıcaklığı ayarlanan değere yükseldiğinde reaktör fırına yerleştirilerek öngörülen süre (1-5 dk) kadar bekletildi. Sonra fırın maşası ile çıkarılarak hemen oda sıcaklığındaki su içerisine daldırılıp piroliz durduruldu. Bu şekilde soğutulan reaktör tartılarak piroliz öncesi ve sonrası ağırlıkları karşılaştırıldı. Bu ağırlıklar farklı değilse reaktörün piroliz sırasında sızdırmadığı sonucuna varıldı. Daha sonra reaktör kapağı yarım açılarak reaktördeki gazın dışarı çıkması sağlandıktan sonra tartılmak suretiyle gaz miktarı bulundu. Daha sonra reaktörün içi 2 şer ml lik kısımlar halinde THF ile çalkalanıp sıvı piroliz ürünleri uzaklaştırıldı. Reaktör kurutulduktan sonra tekrar tartılarak sıvı ürün miktarı bulundu. Katı ürün miktarı başlangıçtaki mısır koçanı miktarından sıvı ve gaz ürün miktarları toplamı çıkarılarak hesaplandı.

5.8. Yapılan Deneyler

Deneylerde hammadde olarak kullanılan mısır koçanının piroliz ürünlerinin verimleri üzerine sıcaklık ve piroliz süresinin etkisi incelenmiştir. -30+50 mesh partikül boyutundaki mısır koçanı 350, 400 ve 450 °C başlangıç sıcaklıklarındaki fırın içinde 1-5 dk arası sürelerle piroliz edilmiştir. Sonuçların güvenilirliği arttırmak amacıyla deneyler üç kez tekrarlanmıştır. Böylece reaktör içindeki mısır koçanının pirolizi sonucu oluşan gaz, sıvı ürünler ile geride kalan katı artığın miktarlarının zamanla değişimi kaydedilmiştir. Bu verilerden yararlanarak Mathcad 7 Professional paket programı kullanılarak çeşitli modellere göre kinetik üçlü ve uygunluk katsayıları belirlenmiştir.

5.9. Piroliz Deneyleri Sonrası Ürün Verimlerinin Hesaplanması

Her bir piroliz deneyi sonucunda elde edilen katı, sıvı, gaz ürün miktarları belirlenmiştir. Daha sonra aşağıdaki eşitlikler kullanılarak ürünlerin % verimleri hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Katı} = [\text{Katı ürün (g)} / \text{Reaktöre beslenen toplam hammadde (g)}] * 100 \quad (5.4)$$

$$\% \text{ Sıvı} = [\text{Sıvı ürün miktarı (g)} / \text{Reaktöre beslenen toplam hammadde (g)}] * 100 \quad (5.5)$$

$$\% \text{ Gaz} = [\text{Gaz ürün (g)} / \text{Reaktöre beslenen toplam hammadde (g)}] * 100 \quad (5.6)$$

6. ELDE EDİLEN BULGULAR VE YORUM

6.1. Deneylerde Kullanılan Mısır Koçanının Özellikleri

Piroliz deneylerinde kullanılan mısır koçanının elementel analizi Çizelge 6.1’de, kısa analizi ise Çizelge 6.2’de verilmiştir. Bu tayinler, paralel deneyler şeklinde yapılarak sonuçların güvenilirliği sağlanmıştır.

Çizelge 6.1. Mısır koçanının analiz sonuçları (%kkt)

Kısa analiz (% kütle)

Nem	Kül	Uçucu Madde	Sabit Karbon*
3,8	1,9	80,7	13,6

Kesin analiz(% kkt)

%C	%H	%O*	%N	%S
43,420	6,170	49,997	0,413	-

*Farktan hesaplanmıştır.

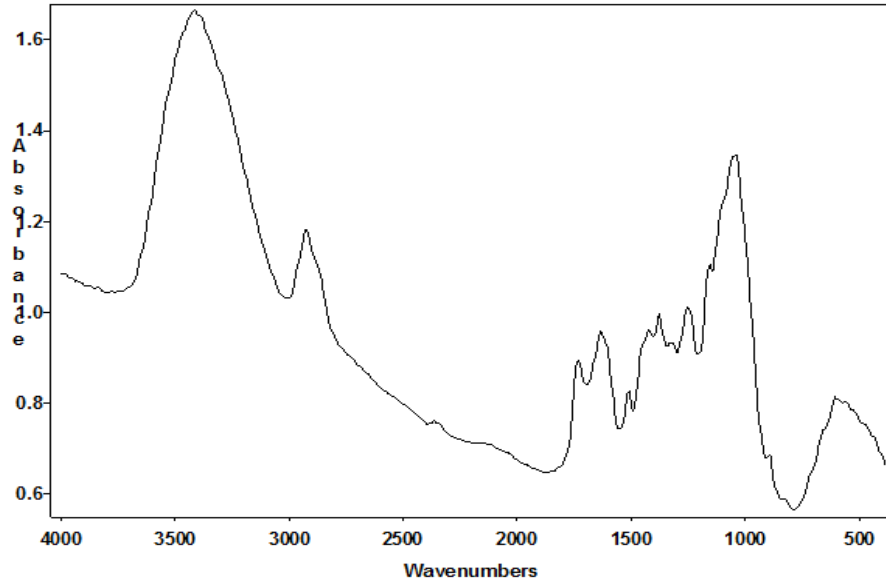
Çizelge 6.2. Mısır bitkisinden geride kalan tarımsal atıkların özellikleri [2].

	Mısır Koçanı	Mısır Sapı	Mısır (Encinar)	Mısır Sapı (Shuangning)	Saman (Zanzi)	Tahıl Samanı (Wei)
Elementel Analiz						
C	43,77	43,80	46,90	43,65	45,60	43,30
H	6,23	6,42	5,40	5,56	6,50	5,62
O	50,00	49,78	47,40	43,31	47,00	50,35
N			0,20	0,61	0,50	0,61
S			0,06	0,01		0,12
Yaklaşık Analiz(ağ.%)						
	TGA sonuçları					
Nem	7,57	6,44			7,10	9,80
Düşük yoğ. uçucular	57,27	83,07	82,30	75,17		73,74
Yüksek yoğ. uçucular	27,10	8,19				
Sabit Karbon			14,80	19,25		14,84
Kül	8,06	2,30	2,90	5,58	3,20	1,62
Alt Isı Değeri(MJ/kg)	18,25	18,17	15,40	17,19	17,08	
Kimyasal Analiz						
	Mısır Koçanı (Garrote)			Mısır sapı (Banchorndhevakul)		
Selüloz (ağ.%)	34,30			32,40		
Hemiselüloz (ağ.%)	40,53			40,80		

Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2 ile mısır bitkisinden geride kalan tarımsal atıkların önceki çalışmalarda belirlenen özelliklerinin belirtildiği Çizelge 6.3 karşılaştırıldığında hesaplanan değerlerin literatürle uyum içerisinde olduğu görülmektedir [2].

6.1.1.Mısır Koçanının FTIR Spektrumu

Şekil (6.1)'de mısır koçanına ait FTIR spektrumu verilmiştir. Hammaddelerde fonksiyonel grupların kalitatif olarak belirlenmesi amacıyla alınan FT-IR spektrumları farklı lignoselülozik maddeler için alınan sonuçlarla benzerlik göstermektedir [52-55].



Şekil 6.1. Mısır koçanına ait FTIR spektrumu

Mısır koçanının FTIR spektrumundaki 3600–3300 cm^{-1} aralığı O-H gerilme titreşimi bandı olup, asidik, fenolik ve alkolik hidroksil varlığını gösterir. 2950–2800 cm^{-1} aralığındaki C-H gerilme titreşimi bandı alifatik, olefinik ve aromatik yapıları işaret etmektedir. Bu bandın maksimumunun 2923 cm^{-1} de olması aromatik yapıların olabileceğini göstermektedir. Maksimumu 1736 cm^{-1} 'de görünen 1770–1650 cm^{-1} aralığındaki bant C=O gerilme titreşimine ve karbonil grubu varlığına işaret etmektedir. Maksimumu 1633 cm^{-1} 'de görülen 1650–1600 cm^{-1} aralığındaki C=C gerilme titreşimi bandının olefinik yapıları gösterdiği söylenebilir. 1650–1500 cm^{-1} C=C gerilme bölgesi

aromatik yapıların varlığını göstermektedir. Maksimumu 1422 ve 1383 cm^{-1} olan 1430-1360 cm^{-1} aralığındaki bant O-H veya C-H eğilme bandı metil gruplarına da işaret etmektedir. Maksimumu 1261 cm^{-1} görülen 1300-1200 cm^{-1} C-O gerilme bandı doyurulmamış eterlerin, Maksimumu 1050 cm^{-1} olan 1200-1000 cm^{-1} aralığındaki C-H düzlem dışı eğilme bandı, aromatik yapıların, doyurulmuş eterlerin, birincil veya ikincil hidroksillerin ve maksimumu 601 cm^{-1} de görülen 570-1133 cm^{-1} aralığındaki bant ise $-\text{CH}_2-$, $-\text{CH}_3$ varlığından söz etmeyi mümkün kılmaktadır [56-61].

6.2. Mısır Koçanının Pirolizi Sonuçları

Mısır koçanının kapalı ortamda pirolizinde sıcaklığın ve zamanın etkisini belirlemek için 350 °C, 400 °C ve 450 °C sıcaklıkları ile 1-5 dakika zaman aralıklarında deneyler yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda elde edilen katı, sıvı ve gaz ürünlerin yüzde verimlerinin sıcaklık ve zamanla değişimi Çizelge 6.3’de verilmiştir.

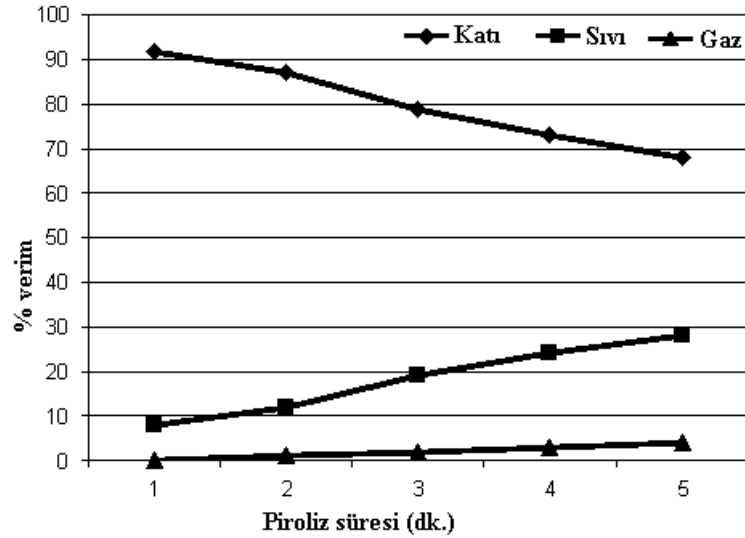
Çizelge 6.3. Mısır koçanının sıcaklık ve zaman değişkenlerine bağlı ürün verimleri

Piroliz fırın sıcaklığı (°C)	Kalma zamanı (dakika)	% Verim (ağırlıkça)		
		Katı ürün	Sıvı ürün	Gaz ürün
350	1	92	8	-
	2	87	12	1
	3	79	19	2
	4	73	24	3
	5	68	28	4
400	1	89	9	2
	2	80	15	5
	3	73	21	6
	4	66	27	7
	5	59	32	9
450	1	73	24	3
	2	62	34	4
	3	51	39	10
	4	41	47	12
	5	34	52	14

Pirolizin gerçekleştirildiği sıcaklığın artmasıyla katı ürün verimi azalırken sıvı ve gaz ürün verimleri artış göstermiştir. 5 dakikalık kalma süreleri sonunda 350 °C piroliz fırın

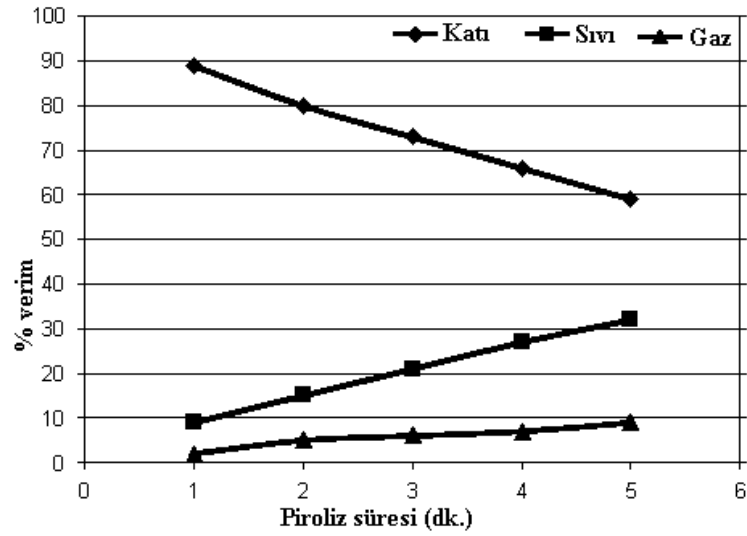
sıcaklığında ağırlıkça % 68 olarak elde edilen katı ürün veriminin, 400 °C’de % 59, 450 °C’de ise % 34’e kadar azaldığı görülmektedir. Sıcaklığın artmasıyla bu azalma hızı da artmaktadır. Bunun nedeni sıcaklığın artışı ile yapıdan ayrılan uçucuların yapıyı daha hızlı terk etmesi ve dolayısıyla katı ürün miktarında hızlı bir azalış olmasıdır. Sıcaklık artışıyla sıvı ve gaz ürün verimlerinde ise sürekli bir artış gözlenmektedir. Yine 5 dakikalık kalma süreleri sonunda 350 °C piroliz fırın sıcaklığında ağırlıkça % 28 sıvı ürün ve % 4 gaz ürün, 400 °C’de % 32 sıvı ürün ve % 9 gaz ürün, 450 °C’de ise % 52 sıvı ürün ve % 14 gaz ürün elde edildiği görülmektedir. En yüksek sıvı ürün ve gaz ürün verimleri 450 °C’de ve 5 dakikalık alıkonma süresi sonunda elde edilmiştir. Piroliz sıcaklığının artmasıyla sıvı ve gaz ürünlere paralel olarak toplam dönüşüm de artmaktadır. Toplam dönüşüm 5 dakikalık kalma süresi sonunda 350 °C’de % 32, 400 °C’de % 41 iken 450 °C’de % 66’dır.

Mısır koçanının kapalı ortamda pirolizinde sabit sıcaklıklarda kalma sürelerinin ürün verimine etkisi Şekil 6.2, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’de incelenmektedir.



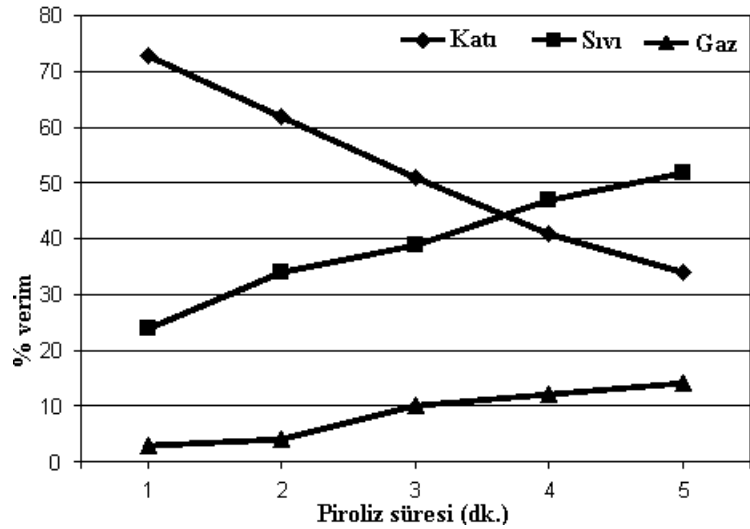
Şekil 6.2. Mısır koçanının 350 °C’deki pirolizinde verimin zamanla değişimi

350 °C’de 1, 2, 3, 4 ve 5 dakikalık kalma sürelerinde katı ürün veriminde azalma, sıvı ve gaz ürün verimlerinde ise artma gözlenmiştir. En yüksek sıvı ve gaz ürün verimleri 5 dakikalık süre sonunda ağırlıkça sırasıyla % 28 ve % 4’tür. En yüksek toplam dönüşüm ise % 32 ile 5 dakika sonunda elde edilmiştir.



Şekil 6.3. Mısır koçanının 400 °C’deki pirolizinde verimin zamanla değişimi

400 °C’de 1, 2, 3, 4 ve 5 dakikalık kalma sürelerinde katı ürün veriminde azalma, sıvı ve gaz ürün verimlerinde ise artma gözlenmiştir. En yüksek sıvı ve gaz ürün verimleri 5 dakikalık süre sonunda ağırlıkça sırasıyla % 32 ve % 9’dur. En yüksek toplam dönüşüm ise % 41 ile 5 dakika sonunda elde edilmiştir.



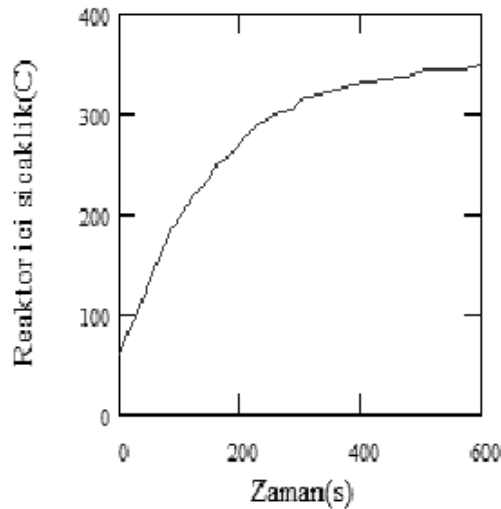
Şekil 6.4. Mısır koçanının 450 °C’deki pirolizinde verimin zamanla değişimi

450 °C’de 1, 2, 3, 4 ve 5 dakikalık kalma sürelerinde katı ürün veriminde daha hızlı bir azalma, sıvı ve gaz ürün verimlerinde ise hızlı bir artma gözlenmiştir. En yüksek sıvı ve

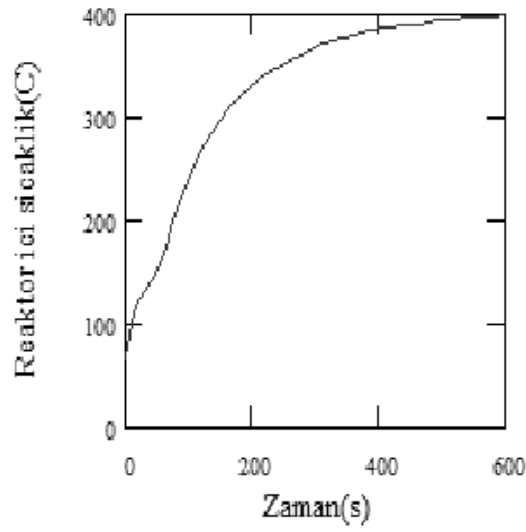
gaz ürün verimleri 5 dakikalık süre sonunda ağırlıkça sırasıyla % 52 ve % 14'tür. En yüksek toplam dönüşüm ise % 66 ile 5 dakika sonunda elde edilmiştir.

6.3. Mısır Koçanının Piroliz Kinetiği Modelinin Belirlenmesi

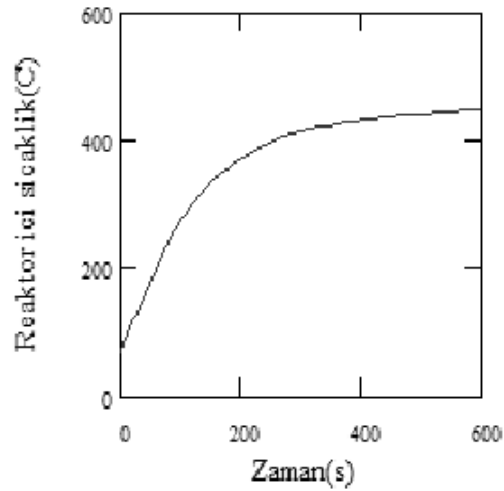
Yapılan piroliz deneyleri sonrasında mısır koçanının zamana karşı elde edilen dönüşüm oranları hesaplanarak elde edilen sonuçların bu güne kadar yaygın olarak kullanılan kinetik modellerden hangisine en iyi şekilde uyduğunun belirlenmesine çalışıldı. Böyle bir incelemede reaktör içerisinde bozunmakta olan mısır koçanının gerçek sıcaklığının bilinmesi gerektiği için piroliz deneylerinden önce, reaktörlerin belirli sıcaklıklara ısıtılmış (300-550 °C) fırına yerleştirildiklerinde gerçek iç sıcaklıklarının nasıl değiştiğini belirlemek amacıyla boş bir reaktörün içerisine yerleştirilen termocift ve buna bağlı sıcaklık ölçer vasıtasıyla 15'er saniye aralıklarla 10 dakika boyunca reaktör içi sıcaklıklar ölçülmüştür. Bu sıcaklıkların nasıl değiştiği Şekil 6.5, 6.6, 6.7'de gösterilmektedir. Bu veriler MathCad matematik paketi kullanılarak değerlendirilmek suretiyle termal bozunmanın başladığı sıcaklık 150 °C olarak kabul edilerek reaktör içerisindeki mısır koçanının termal bozunmasının başladığı zamanlar ve gerçek piroliz süresi hesaplandı. Daha sonra 1-5 dakika bekleme süreleri sonunda reaktör içi gerçek sıcaklıklar ile bu sıcaklıklarda termal bozunmanın gerçekleştiği piroliz süreleri belirlendi. Daha sonra gaz, sıvı ürün verimleri kullanılarak dönüşüm oranları hesaplandı.



Şekil 6.5. Fırın sıcaklığı 350 °C olduğunda reaktör içi sıcaklığın değişimi



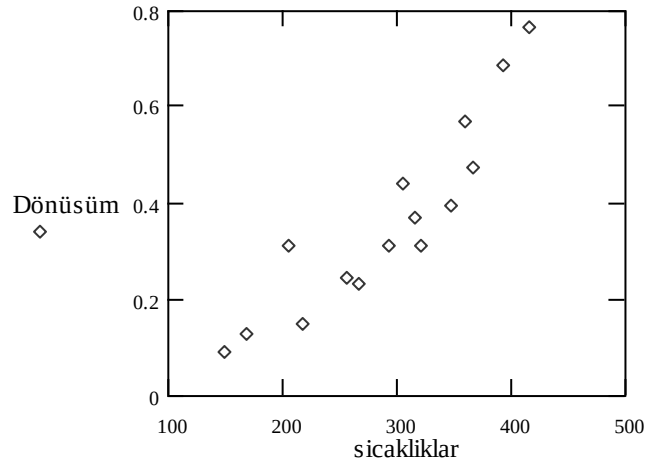
Şekil 6.6. Fırın sıcaklığı 400 °C olduğunda reaktör içi sıcaklığın değişimi



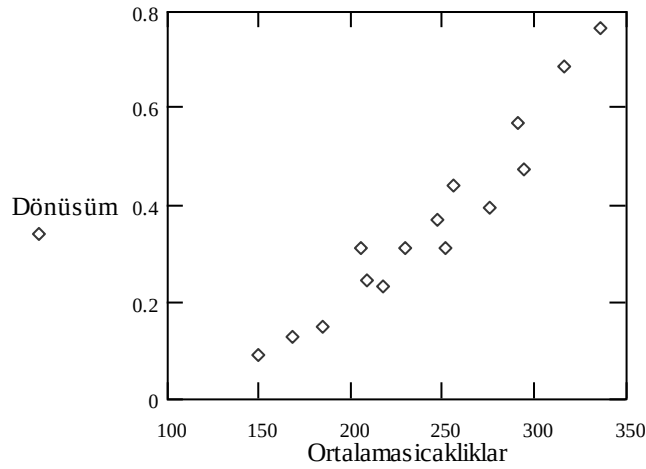
Şekil 6.7. Fırın sıcaklığı 450 °C olduğunda reaktör içi sıcaklığın değişimi

Son sıcaklıklarla dönüşüm oranı arasındaki bağıntının ne ölçüde lineer olduğunu anlamak amacıyla yapılan regresyon sonucu uygunluk katsayısı 0,941 bulundu. Buna karşılık bekleme süreleri boyunca ortalama sıcaklıklar alınarak yapılan regresyon sonucu lineer uygunluk katsayısı 0,962 olarak bulundu. Bundan dolayı ortalama sıcaklıklarla dönüşüm oranları arasında daha iyi bir lineer ilişki olduğu söylenebilir. Bu lineer ilişkiler Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’da görülmektedir. Çeşitli reaksiyon süreleri için elde edilen dönüşüm oranı değerlerinin model eşitlikleri uygunluğunun denenmesinde kullanılabileceği görülmektedir. Bu verilerin bütünü dahil edildiğinde Çizelge 4.2’de verilen kinetik

modellerin hiçbirisiyle kabul edilebilir bir uygunluk sağlanamadığı için 1 dakikalık bekleme süresi verileri dışlanarak hesaplamalar tekrarlandı.



Şekil 6.8. Dönüşüm oranının son sıcaklıkla değişimi



Şekil 6.9. Dönüşüm oranının ortalama sıcaklıkla değişimi

Kinetik modeller test edilirken dönüşüm oranları kullanılarak kinetik fonksiyonların piroliz süresine bölünmesiyle hız sabitleri elde edildi. Bu hız sabitlerinin doğal logaritması mutlak sıcaklıkların tersine karşı grafiklendi ve kinetik parametreler hesaplandı. Her bir model için uygunluk katsayıları bulunduktan sonra modeller birbiriyle karşılaştırıldı. Hesaplanan bu kinetik parametreler ve uygunluk Çizelge 6.4’de verilmektedir.

Çizelge 6.4. Mısır koçanının piroliz verilerine çeşitli modeller uygulandığında hesaplanan kinetik parametreler

Reaksiyon Modeli	Frekans Faktörü A (1/s)	Aktivasyon Enerjisi E _A (kcal/mol)	Uygunluk Katsayısı
Reaksiyon Mertebesi			
Sıfırıncı Mertebe(n=0)	6,077.10 ⁻³	0,922	-0,221
Birinci Mertebe(n=1)	0,047	2,782	-0,530
n. mertebe n=0-4	5,226.10 ⁻⁴ -6,434.10 ⁵	0,922-11,183	-0,221 - -0,820
Nükleasyon			
Güç Kanunu			
n=3/2	0,054	3,72	-0,652
n=1	6,077.10 ⁻³	0,922	-0,221
n=1/2	6,887.10 ⁻⁴	-1,876	0,432
n=1/3	3,333.10 ⁻⁴	-2,809	0,585
n=1/4	2,318.10 ⁻⁴	-3,275	0,645
Üs Kanunu	6,077.10 ⁻³	0,922	-0,221
Avrami-Erofeev (AE)			
n=1	0,047	2,782	-0,536
n=2	1,919.10 ⁻³	-0,946	0,227
n=3	6,600.10 ⁻⁴	-2,189	0,482
n=4	3,87.10 ⁻⁴	-2,81	0,581
Prout-Tomkins (PT)	Karmaşık değerler	-0,353	-0,086
Difüzyon			
Bir Boyutlu	0,473	6,518	-0,814
İki Boyutlu	0,789	7,601	-0,841
Üç Boyutlu (Jander)	0,721	8,887	-0,862
Üç Boyutlu (Ginstling- Brounshtein)	1,504.10 ⁻⁸	-13,922	-0,947
Büzülen Geometri			
Büzülen Alan	7,940.10 ⁻³	1,790	-0,390
Büzülen Hacim	7,501.10 ⁻³	2,106	-0,441

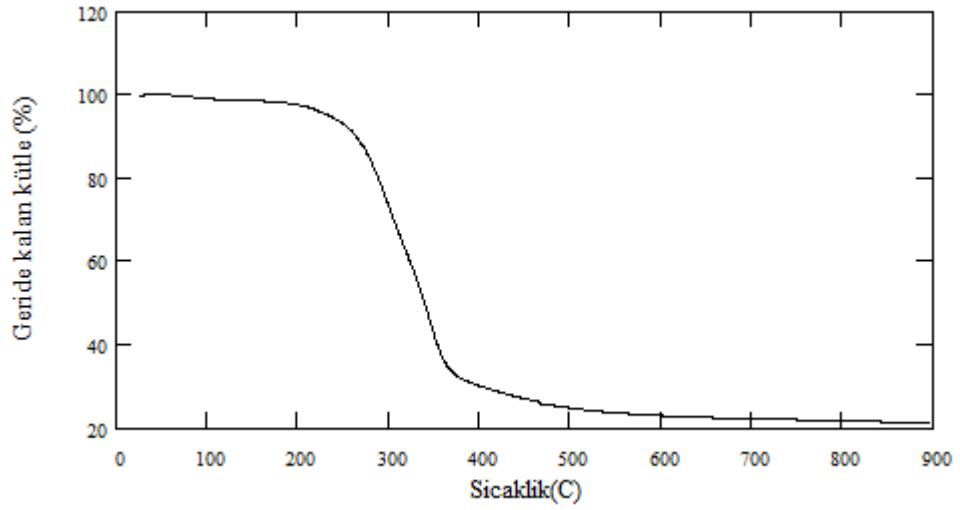
Biyokütlenin bozunmasının izotermal şartlar olduğu varsayılarak global kinetik model yaklaşımıyla incelendiği bu çalışmada, mısır koçanının maruz kaldığı sıcaklıklarda

temel bileşenleri olan selüloz ve hemiselülozun büyük oranda bozunduğu, ligninin ise daha yavaş bozunduğu bilindiğinden dolayı difüzyon ve kimyasal kinetik kontrollü koşullar altında yürüdüğü öngörülebilmektedir. Nitekim uygunluk katsayısının en yüksek olduğu kinetik modellerin n. mertebe kimyasal reaksiyon hızı eşitliği ve üç boyutlu (Jander) difüzyon eşitliği olması bunu kanıtlar niteliktedir.

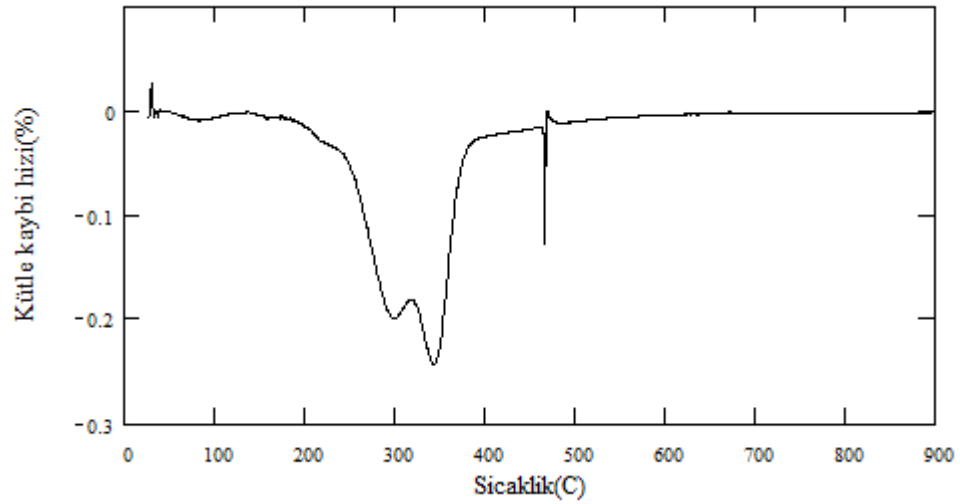
Biyokütlenin termal analizinde reaksiyon mertebesi modellerinin kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır. Nedeni basit oluşu ve gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesidir. Termogravimetrik verilerden elde edilen kinetik parametrelerin geçerliliği konusunda birçok tartışma mevcuttur. Literatürde uygulanan kinetik eşitlikler sonucunda farklı biyokütleler için farklı değerlere ulaşılmıştır. Bu da biyokütle piroliz kinetiğinin karmaşık olduğunun bir göstergesidir. Biyokütle içeriğinin karmaşık olması ve özellikle eser miktarda da olsa farklı elementleri yapısında bulundurması kinetik parametrelerdeki tutarsızlığın temel nedenlerindendir [11,62]. Kinetik parametreler arasında benzerlik olmayışı ısıtma hızı, örneğin kütlesi ya da kullanılan kinetik modelden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca görünür aktivasyon enerjisinin büyük örnek boyutlarının kullanılmasıyla azalabileceği söylenebilir. Bunun nedeni ise ısı ve kütle kısıtlamalarıdır. Bu çalışmada hesaplanan görünür aktivasyon enerjisinin literatürde var olan biyokütle örnekleri için hesaplanan kinetik verilerle uyum içinde olduğunu söylemek mümkündür [8].

6.4. Termal Analiz Sonuçları

Mısır koçanının, termogravimetrik analiz eğrisi (TGA) Şekil (6.5)'de, diferansiyel termogravimetri eğrisi (DTG) ise Şekil (6.6)'da verilmiştir.



Şekil 6.10. Mısır koçanının termogravimetrik analiz eğrisi



Şekil 6.11. Mısır koçanının diferansiyel termogravimetri eğrisi

Şekil 6.5'deki TGA eğrisinden ve Şekil 6.6'daki DTG eğrisinden eğimleri farklı üç ağırlık kaybı bölgesi olduğu belirlendi. Eğrilere göre olduğu gibi ilk belirgin ağırlık kaybı 60-115 °C arasında görülmektedir. Bu ilk ağırlık kaybı, mısır koçanının bileşiminde bulunan nem kaybı olarak yorumlanabilir. 170 °C civarında ise yapıda bulunan higroskopik nemin tamamen uzaklaştığı söylenebilir.

Sıcaklığın artırılmasıyla başlangıçtaki ağırlık azalmaya devam etmiştir. Özellikle 200-500 °C arasındaki ağırlık kaybı dikkat çekmektedir. Bilindiği gibi hemiselüloz 200-260 °C'da, selüloz 300-360 °C'de ve lignin de 280-500 °C'de bozunmaktadır [56-58]. Bu

durumda düşük sıcaklıktaki ağırlık kaybının hemiselülozun, yüksek sıcaklıklardaki ağırlık kaybının ise selüloz ve ligninin ısıl bozunmasından kaynaklandığı söylenebilir. Mısır Koçanı büyük oranda bu bileşenlerden oluştuğundan ağırlık kaybının 200 °C'den sonra hızlı bir şekilde artması beklenen bir sonuçtur. Bu kısımda her bir biyokütlenin piroliz kinetiği incelenecektir. En çok kabul gören yaklaşıma göre biyokütle pirolizinde ilk bozunmalar 200-400 °C arasında gerçekleşir. Bu bozunma sırasında uçucular açığa çıkar ve geride katı ürün kalır. Kinetik hesaplamalar genellikle piroliz reaksiyonlarının gerçekleştiği bu sıcaklık bölgesinde yoğunlaşır [11,63].

Ek 1'de dönüşüm oranlarının sıcaklıkla değişimi verilmektedir. İlk bölgede dönüşüm oranının çok düşük olduğu görülmektedir. Bu bölge nemin uzaklaştığı bölgedir. Dönüşüm oranının ikinci bölgede hızlı bir şekilde artması bu bölgede bozunan bileşenlerin hızlı bir şekilde ayrıştığı ve numunenin büyük bölümünü oluşturduğunu göstermektedir. Üçüncü bölge ise dönüşüm oranlarındaki artışın azalması ligninin yavaş bozunmasından kaynaklanmaktadır.

Sıcaklığın 500 °C'nin üstüne çıkmasıyla termal bozunma büyük ölçüde tamamlanmıştır. Geride mısır koçanının %24.97'si kalmıştır. Sıcaklık 900 °C'ye gelindiğinde ise ısıtılmaya son verilmiştir. Bu sıcaklıkta mısır koçanının %21.34'ü geride kalmıştır.

7. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada, önemli bir biyokütle kaynağı olan mısır koçanının pirolizi üzerine sıcaklığın (350 °C, 400 °C ve 450 °C) ve piroliz süresinin (1, 2, 3, 4 ve 5 dakika) etkisinin incelenmesi amaçlandı. Elde edilen dönüşüm oranlarının zamanla değişimini hangi kinetik modeli en iyi temsil ettiği araştırıldı. Çalışmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlara varıldı.

1. En yüksek sıvı ürün ve gaz ürün verimleri 450 °C’de ve 5 dakikalık alıkonma süresi sonunda elde edilmiştir. Piroliz sıcaklığının artmasıyla sıvı ve gaz ürünlerin artmasına paralel olarak toplam dönüşüm de artmaktadır. Toplam dönüşüm 5 dakikalık alıkonma süresi sonunda 350 °C’de % 32, 400 °C’de % 41 iken 450 °C’de % 66’dır.
2. Mısır koçanının piroliz verilerine çeşitli modeller uygulanması sonucunda hesaplanan uygunluk katsayısının en yüksek olduğu kinetik modelin n. mertebe eşitliği ve üç boyutlu (Jander) difüzyon eşitliği olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada hesaplanan kinetik parametreler literatürde bildirilen verilerle uyumludur.
3. Mısır koçanına uygulanan TGA sonucu sıcaklığın 500 °C’nin üstüne çıkmasıyla termal bozunma büyük ölçüde tamamlandığı ve geride mısır koçanının %24,97’sinin kaldığı belirlendi. Sıcaklık 900 °C’ye gelindiğinde ise mısır koçanının %21,34’ü geride kaldığı belirlendi. DTG analizi ise mısır koçanının pirolizinde çok bileşenli bir karışımın termal bozunma desenine sahip olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Gülay A. N.** , 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Geleceği ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İzmir.
- [2] **Ioannidou O. , Zabaniotou A. , Antonakou E.V. , Papazisi K.M. , Lappas A. A. C. Athanassiou** , 2008. Investigating The Potential For Energy, Fuel, Materials And Chemicals Production From Corn Residues (Cobs and Stalks) By Non-Catalytic And Catalytic Pyrolysis In Two Reactor Configurations , Greece.
- [3] **Yıldız M.**, 2006. Dünyada ve Türkiye'de Alternatif ve Fosil Enerji Kaynaklarının Geleceğe Yönelik Etüdü, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [4] <http://www.bp.com> 2006.
- [5] <http://www.eia.doe.gov> 2008.
- [6] <http://www.meteor.gov.tr/arastirma/yenienerji/yenienerji.htm> Dünyada temel enerji kaynaklarının kullanım dağılımı (2000 yılı verileri),
- [7] Devlet Planlama Teşkilatı. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007–2013), yayın no:DPT: 2779-ÖİK: 708, Ankara, Türkiye, 2008.
- [8] **White J. E. , Catallo W. J. , Legendre B. L.** , 2011. Biomass Pyrolysis Kinetics: A Comparative Critical Review Agricultural Residue Case Studies, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, USA.
- [9] **Putun, E., Ates, F., Putun A.E.**, Catalytic pyrolysis of biomass in inert and steam atmospheres. Fuel ,87, 815-824,2008.
- [10] **Bridgwater, AV, Meier, D., Radlein, D.**, 1999. An overview of fast pyrolysis of biomass. Org Geochem, 30, 1479–1493.
- [11] **Apaydın Varol E.** , 2007. Farklı Biyokütlelere Değişik Isıl İşlemler Uygulanması Ve Elde Edilen Ürün Özelliklerinin Belirlenmesi, *Doktora Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [12] **Bay. B.** , 2006. Çeşitli Biyokütle Kaynaklarının Termal Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] **Missoum A. , Gupta A. K. , Chen J.** , 2009. Global Kinetics of the Thermal Decomposition of Waste Materials, Japan.

- [14] **Öztürk Tophanecioğlu S.** ,2009. Tarımsal Atıklarda Hızlı Piroliz Yöntemiyle Sentetik Yakıt Eldesinde Piroliz Parametrelerinin Etkisi, *Doktora Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [15] **Ngo T. A. ,Kim. J. , Kim S. S.** , 2011. Fast Pyrolysis of Palm Kernel Cake in A Closed-Tubular Reaktor: Product Compositions and Kinetic Model , Korea.
- [16] **Hosoya T. , Kawamoto H. , Saka S.** , 2008. Pyrolysis Gasification Reactivities Of Primary Tar And Char Fractions From Cellulose And Lignin As Studied With A Closed Ampoule Reactor , Japan.
- [17] **Onwudili J. A. ,Insura N. ,Williams P. T.** , 2009. Composition Of Products From The Pyrolysis Of Polyethylene And Polystyrene İn A Closed Batch Reactor: Effects Of Temperature And Residence Time , UK.
- [18] **Asmadi M., Kawamoto H. , Saka S.** , 2011. Gas- And Solid/Liquid-Phase Reactions During Pyrolysis Of Softwood And Hardwood Lignins ,Japan.
- [19] **Tiftik B. E.**, 2006. Çay Fabrikası Atığının Pirolizi Ve Piroliz Ürünlerinin İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [20] **Yamak T.** , 2006. Türkiye’nin Alternatif Enerji kaynakları Potansiyeli ve Ekonomik Analizleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [21]http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2012/WEO2012_Renewables.pdf, World Energy Outlook, 01.04.2013.
- [22] <http://www.kimyamuhendisi.com> 13.12.2010.
- [23] **Mohan, D., Pittman, C.U. ve Steele, P.H.** 2006, Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review, *Energy and Fuels*, 20, 848-889.
- [24] **Arno P.** , 1989. Thermal Degradation, Concise Encyclopedia of Wood & Wood-Based Materials”, Schniewind.
- [25] **Smil V.**, 1999. Nitrogen in crop production: An account of global flows, *Global Biogeochem. Cycles*, 13, 647-662.
- [26] **Woods J., Hall D.O.**, 1994. Bioenergy for Development: Technical and Environmental Dimensions”, *FAO Environment and Energy* pp. 13.
- [27] **Hall, D.O., Rosillo-Calle, F., Williams, R.H. & Woods, J.** , 1993. Biomass for Energy: Supply Prospects , Chapter 14 in *Renewables for Fuels and Electricity*, Island Press, Washington, DC.

- [28] **Kırveli Ş. ,** 2007. Biyokütle Enerji Kaynağı Olarak Pirinanın Doğrudan Yakılmasında Klinoptilolit Kullanımının Isıl Davranış Ve Emisyon Değerlerine Etkilerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [29] **Gonzalez J.F., Gonzalez-Garcia C., Ramiro A., Gonzalez J., Sabio E., Ganan J., Rodriguez M. ,** 2004. Combustion optimisation of biomass residue pellets for domestic heating with a mural boiler , *Biomass & Bioenergy* ,27/2,pp. 145-154.
- [30] **Olgun H., Çoban T.,** 2002. Biyokütle Yakma ve Gazlaştırma Sistemlerindeki Gelişmeler 6. Türk-Alman Sempozyumu, İzmir.
- [31] **Angın D.,** 2007. Aspir (Charthamus Tinctorius L.) Tohumu Pres Küspesinin Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- [32] **Aksoğan Korkmaz A. ,** 2007. Şırnak Asfaltinin Piroliz Özelliklerinin Termal Analiz Yöntemiyle Belirlenmesi , *Yüksek Lisans Tezi*, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- [33] **Harker, J.H. Backhurst, J.R. ,** Fuel and Energy, London, Academic Press, 1981.
- [34] **Speight, J.G.,** Fuel Science and Technology Handbook, Marcel Dekker, 1990.
- [35] **Francis, W.,** 1980. A summarized manual, Alexander Books, *Fuels and Fuel Technology*, Ancaster, Canada.
- [36] **Melvin, A. ,** 1988. Natural Gas, *Basic Science and Technology*, British Gas plc.. 221.
- [37] Kömür, Editör: Orhan Kural, İstanbul, Ocak-1991.
- [38] **Benedict, M., Pigford T. H. , Levi H. W.** 1981, Nuclear Chemical Engineering, McGraw-Hill Book Company, Second Edition, USA.
- [39] **Ranzi, E., Cuoci, A., Faravelli, T., Frassoldati, A., Migliavacca, G., Pierucci, S., ve Sommariva, S.,** 2008., Chemical Kinetics of Biomass Pyrolysis, *Energy & Fuels*, 22, 4292–4300.
- [40] **Olgun, A.** 2005. Bazı Biyokütlelerin Pirolizi Ve Piroliz Ürünlerinin İncelenmesi, *Yüksek lisans tezi*, 129 s., Ankara.
- [41] [http://tr.wikipedia.org/wiki/M%C4%B1s%C4%B1r_\(bitki\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/M%C4%B1s%C4%B1r_(bitki)) 11.02.2013.
- [42] **Kün, E.** 1997. Tahıllar II (Sıcak iklim Tahılları) Ank. Üniv. Ziraat. Fak. Yay., No: 1452, Ders Kitabı No: 432, Ankara.

- [43] **Babaoğlu, M.**, 2005. Mısır ve Tarımı (Zea mays L.). Trakya Tarımsal Araştırma Müdürlüğü ,Edirne . (<http://hayrabolutb.tobb.org.tr/media/ziraat/Misir-Tarimi-2.pdf>)
- [44] **Alkan, B.** 1973. Mısır Tarımı ve Gübrelemesi. Toprak ve Gübre Araş. Enst. Müd. Teknik yayınlar serisi. Ankara, Sayı: 32.
- [45] TMO, 2007. Toprak Mahsülleri Ofisi 2006 Yılı Hububat Raporu
- [46] www.tuik.gov.tr ,Bitkisel Üretim İstatistikleri, 16.06.2008.
- [47] **McSweeny, J., R. M. Rowell, M. Soo-Hong.**, 2006. Effect of citric acid modification of aspen wood on sorption of copper ion. *Journal of Natural Fibers*. 3(1), 43-58.
- [48] <http://www.yemex.com/bitki/misir.html>. 06.01.2012.
- [49] **Ünlü, C. H.** , 2009. Mısır Koçanı Ksilanından Mikro/Nanokompozit Eldesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- [50] <http://www.batem.gov.tr/urunler/tarlaurunleri/misir/misir.htm>, Mısır, 11.04.2013.
- [51] **Toğrul, T.** , 1995. İnrümentel Analiz. AÜFF Döner Sermaye İşletmesi Yayını, no: 28, 124 s., Ankara.
- [52] **Duran-Valle, C.S., Gomez-Corso, M., Pastor-Villegas, J. Ve Gomez-Serrano, V.** 2005. Study of cherry stones as raw material in preparation of carbonaceous adsorbents, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 73, 59-67.
- [53] **El-Hendawy, A.N.A.**, 2006. Variation in the FTIR spectra of a biomass under impregnation, carbonization and oxidation conditions, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 75, 159-166.
- [54] **Farinella, N.V., Matos, G.D. ve Arruda, M.A.Z.**, 2007. Grape bagasse as a potential biosorbent of metals in effluent treatments, *Bioresource Technology*, 98, 1940-1946.
- [55] **Sharma R.K., Wooten J.B., Baliga V.L., Lin, X., Chan, W.G. ve Hajaligol, M.R.**, 2004. Characterization of chars from pyrolysis of lignin, *Fuel*, 83, 1469-1482.
- [56] **Demirbaş, A.** , 1998, Kinetics For Non-Isothermal Flash Pyrolysis Of Hazelnut Shell, *Bioresource Technology* 66, 247-252.
- [57] **Yaman, S.** 2004. Pyrolysis Of Biomass To Produce Fuels And Chemical Feedstocks. *Energy Conversion & Management*, 45, 651–671.

- [58] **Demirbaş, A.** 2004. Effects Of Temperature And Particle Size On Bio-Char Yield From Pyrolysis Of Agricultural Residues. *Journal Of A Analytical And Applied Pyrolysis*, 72, 243-248.
- [59] **Taşar Ş. , Erşen T. , Duranay N. , Yılgin M.**,2011. Farklı Odun Türlerinin İzotermal Olmayan Şartlarda Piroliz Kinetiğinin İncelenmesi, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 179-184.
- [60] **Koçkar Ö.M., Onay Ö., Pütün A.E., Pütün E.**,2000. Fixed-bed pyrolysis of hazelnut shell: A study on mass transfer limitations on product yields and characterization of the pyrolysis oil, *Energy Sources*, 22 (10) 913-924.
- [61] **Yılgin M, Pehlivan D. ,** 2000. Kavak Odununun Sıvılaştırılmasından Elde Edilen Yağların Özellikleri, *Tübitak Turk J Engin Environ Sci* 24, 305 - 313.
- [62] **Williams, P.T. ve Besler, S.,** 1993. The Pyrolysis Of Rice Husks İn A Thermogravimetric Analyser And Static Batch Reactor, *Fuel*, 72, 151-159.
- [63] **Fisher, T., Hajaligol, M., Waymack, B. ve Kellogg, D.,** 2002. Pyrolysis Behaviour And Kinetics Of Biomass Derived Materials, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 62, 331-349.

ÖZGEÇMİŞ

Duygu ALKAŞI, 24.11.1986 tarihinde Elazığ'da doğdu. İlk öğrenimini Elazığ, Orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. Elazığ Mehmet Akif Ersoy Y.D.A. Lisesi'ni bitirdikten sonra Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında mezun oldu. Aynı yıl Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı, Kimyasal Teknolojiler Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

Ek 1: Bilgisayar Programı

REAKTÖR İÇİ SICAKLIKLARIN HESABI

$i := 0..40$

$j := 0..5$

$T_{sj} := 300 + 50 \cdot j$

$t_i :=$

0
15
30
45
60
75
90
105
120
135
150
165
180
195
210
225
240
255
270
285
300
315
330
345
360
375
390
405
420
435
450
465
480
495
510
525
540
555
570
585
600

$T_{i,0} :=$

34.0
53.7
75.3
88.2
94.2
121.3
139.2
162.1
179.8
194.0
205.9
213.3
226.2
232.5
240.0
246.7
252.1
257.9
262.3
267.2
270.0
272.5
274.4
277.1
278.9
280.8
282.2
283.9
284.8
285.7
286.7
287.2
287.9
288.2
288.5
288.7
288.8
288.9
288.9
289.0
289.0

$T_{i,1} :=$

35.0
56.2
75.5
98.9
123.5
144.1
161.0
177.5
192.1
200.5
212.3
226.6
230.2
240.1
254.4
262.5
266.0
273.9
275.2
279.8
289.2
290.5
294.0
295.6
298.5
301.4
304.1
305.2
306.9
308.5
309.5
311.4
312.3
315.1
317.8
319.6
318.2
318.9
319.8
321.2
323.8

$T_{i,2} :=$

32.0
77.4
96.6
110.2
132.5
164.0
189.5
212.0
230.6
248.6
261.2
274.0
284.2
292.1
300.9
306.1
312.2
316.4
321.5
327.3
331.2
336.1
338.7
341.9
344.0
346.3
348.8
350.8
352.1
353.2
354.7
355.1
356.7
358.1
359.9
360.2
360.3
361.0
361.9
362.5
364.0

$T_{i,3} :=$

36.0
78.5
102.7
137.0
170.6
199.3
228.7
250.6
270.3
288.5
302.7
313.4
325.0
334.4
344.0
351.6
358.6
365.3
372.2
375.5
380.2
384.0
387.7
389.2
393.4
394.9
397.9
398.7
400.7
403.9
404.0
406.1
407.0
407.7
408.7
409.9
411.5
411.8
413.1
413.8
414.8

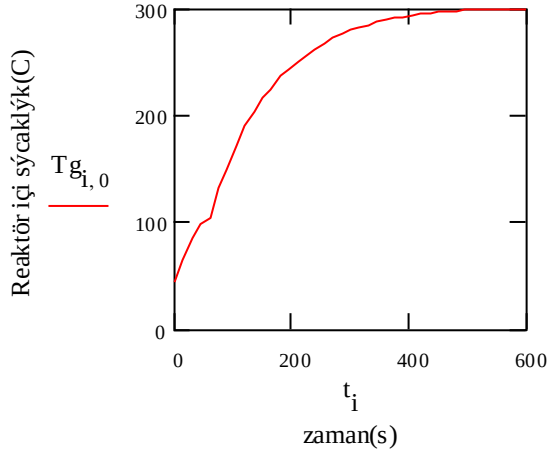
$T_{i,4} :=$

36.0
83.0
115.5
159.2
200.0
234.4
267.7
291.2
323.7
340.6
352.4
371.2
380.4
392.4
399.7
408.4
417.3
422.5
427.1
432.6
437.5
441.6
444.4
447.8
451.2
453.1
454.3
455.2
458.8
460.3
463.2
464.2
464.4
466.0
467.2
468.1
471.8
472.0
473.2
473.7
474.0

$$T_{i,5} :=$$

37.0
86.8
120.6
170.3
222.7
254.8
293.9
324.2
347.4
370.4
390.4
407.8
419.8
432.3
442.5
450.7
458.1
464.2
470.6
474.5
478.9
484.4
488.2
489.5
493.4
494.7
499.1
500.5
503.2
504.6
505.0
506.0
506.9
507.4
508.8
510.1
511.5
512.5
513.6
514.9
515.9

$$T_{q,j} := T_{i,j} + \left(T_{\mathfrak{s}} - T_{40,j}\right)$$



Fırın sıcaklığı 300°C olduğunda
reaktör içi sıcaklığın değişimi

$$v1_j := \text{cspline}(t, Tg^{<j>})$$

Termal bozunmanın başladığı sıcaklık

$$T_{bas} := 150$$

Termal bozunmanın başladığı zamanlar

$$t_{b_j} := \text{interp}(v1_j, Tg^{<j>}, t, T_{bas})$$

DENEYSEL KISIM

Bekleme süreleri

$$b := 1..5$$

$$td_b := t_{4 \cdot b}$$

$$T_{bs_{b,j}} := \text{interp}(v1_j, t, Tg^{<j>}, td_b)$$

Bekleme sürelerinin sonundaki sıcaklıklar

Bekleme süresinin termal bozunma kısmının uzunluğu

$$tbs_{b,j} := \text{if}(td_b > t_{b_j}, td_b - t_{b_j}, 0)$$

ÜRÜN VERİMLERİ

$$\text{Gaz} := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 3 \\ 1 & 5 & 4 \\ 2 & 6 & 10 \\ 3 & 7 & 12 \\ 4 & 9 & 14 \end{bmatrix}$$

$$\text{Sivi} := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 8 & 9 & 24 \\ 12 & 15 & 34 \\ 19 & 21 & 39 \\ 24 & 27 & 47 \\ 28 & 32 & 52 \end{bmatrix}$$

$$\text{sicakliklar} := \text{submatrix}(T_{bs}, 2, 5, 1, 3)$$

$$\text{süre} := \text{submatrix}(tbs, 2, 5, 1, 3)$$

Mısır koçanının toplam uçucu madde miktarı

$$T_{u\text{çucu}} := 86$$

Alınan örnekteki uçucu madde miktarı

$$\text{örnek} := 0.1$$

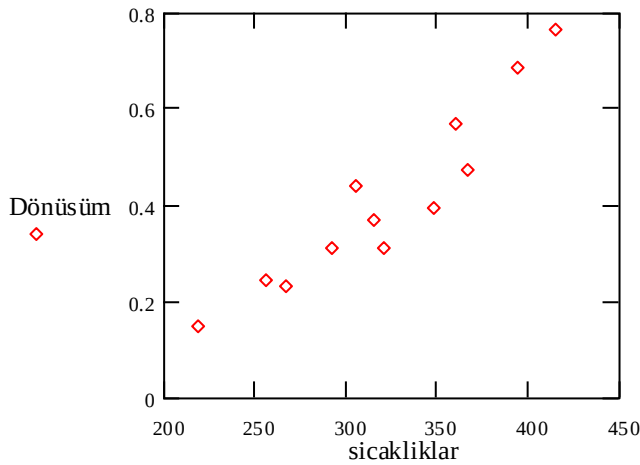
$$\mu_0 := \text{örnek} \cdot \frac{T_{u\text{çucu}}}{100}$$

$$u\text{çucu} := \text{Gaz} + \text{Sivi}$$

$$\text{Kati} := 100 - u\text{çucu}$$

$$\text{dönüşüm} := \frac{u\text{çucu}}{T_{u\text{çucu}}}$$

$$\text{Dönüşüm} = \text{submatrix}(\text{dönüşüm}, 2, 5, 0, 2)$$



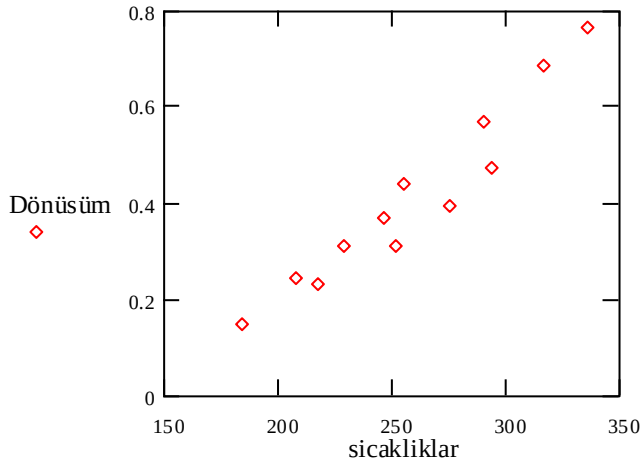
Dönüşüm oranının son sıcaklıkla değişimi

$$\text{corr}(\text{sicakliklar}, \text{Dönüşüm}) = 0.941$$

Bekleme süreleri boyunca ortalama sıcaklıklar

$$T_{bo_{b,j}} := \frac{\sum_{b=1}^b T_{bs_{b,j}}}{b}$$

$$\text{sicakliklar} := \text{submatrix}(T_{bo}, 2, 5, 1, 3)$$



Dönüşüm oranının ortalama sıcaklıkla değişimi

$\text{corr}(\text{sicakliklar}, \text{Dönüşüm}) = 0.962$

$\text{Ara} := \text{stack}(\text{Dönüşüm}^{<1>}, \text{Dönüşüm}^{<2>})$

$\text{Dönüşüm} := \text{stack}(\text{Dönüşüm}^{<0>}, \text{Ara})$

$\text{Ara} := \text{stack}(\text{sicakliklar}^{<1>}, \text{sicakliklar}^{<2>})$

$\text{sicakliklar} := \text{stack}(\text{sicakliklar}^{<0>}, \text{Ara})$

$\text{Ara} := \text{stack}(\text{süre}^{<1>}, \text{süre}^{<2>})$

$\text{süre} := \text{stack}(\text{süre}^{<0>}, \text{Ara})$

$R := 1.98610^{-3}$

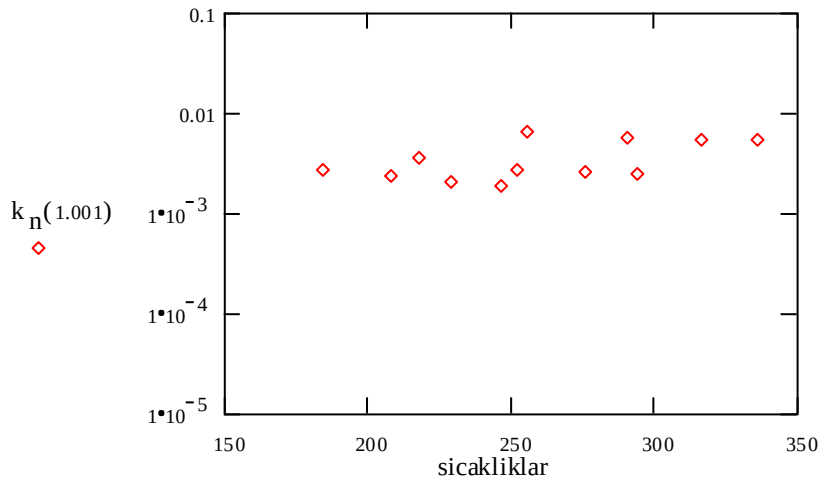
kcal / mol.K

$\text{Mutlak_sicaklik} = \text{sicakliklar} + 273$

$\text{absis} := \left(\frac{1}{\text{Mutlak_sicaklik}} \right)$

Piroliz n. mertebe reaksiyonla yürüyorsa

$$k_n(n) := \frac{1 - (1 - \text{Dönüşüm})^{1-n}}{\text{süre} \cdot \mu_0^{n-1} \cdot (1-n)}$$



Hız sabitlerinin ortalama sıcaklıkla değişimi

$$\text{ordinat}(n) := \overrightarrow{\ln(k_n(n))}$$

$$\text{Egim}(n) := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat}(n))$$

$$\text{Kesim}(n) := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat}(n))$$

$$k_0(n) := \exp(\text{Kesim}(n))$$

$$n := 0, 0.01..8$$

$$E_A(n) := -R \cdot \text{Egim}(n)$$

$$k_0(0) = 5.22610^{-4}$$

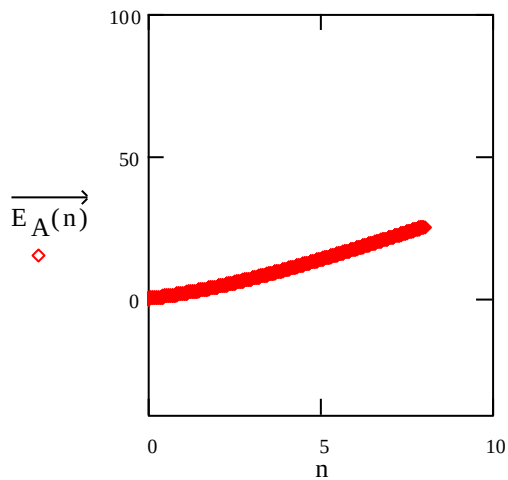
$$E_A(0) = 0.922$$

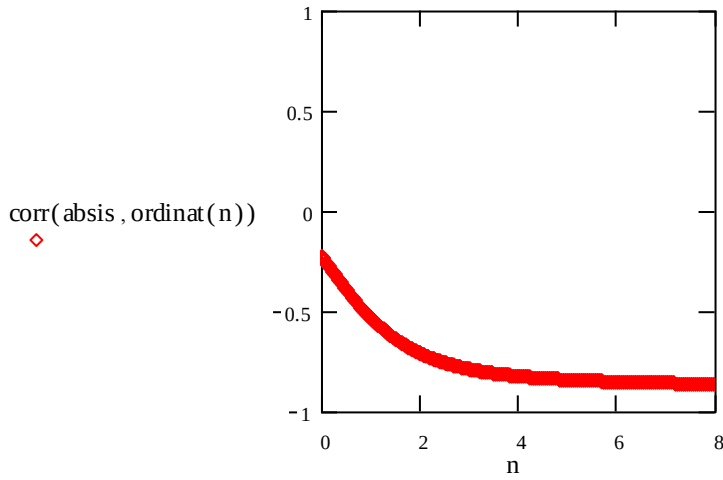
$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}(0)) = -0.221$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}(8)) = -0.859$$

$$k_0(4) = 6.43410^5$$

$$E_A(8) = 26.072$$





Pirolizin 0. mertebe bir reaksiyonla yürüdüğü kabul edilirse

$$k := \frac{\overrightarrow{\text{Dönüsün}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Eğim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Eğim}$$

$$k_0 = 6.077 \cdot 10^{-3}$$

$$E_A = 0.922$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = -0.221$$

Pirolizin 1. mertebe bir reaksiyonla yürüdüğü kabul edilirse

$$k := \frac{\overrightarrow{-\ln(1 - \text{Dönüsün})}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Eğim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Eğim}$$

$$k_0 = 0.047$$

$$E_A = 2.782$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = -0.53$$

Pirolizin nükleasyonla yürüdüğü kabul edilirse

Güç kanunu ile yürüyorsa

$$k := \frac{\overrightarrow{\text{(Dönüşüm)}^{\frac{3}{2}}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Egim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Egim}$$

$$k_0 = 0.054$$

$$E_A = 3.72$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = -0.652$$

$$k := \frac{\overrightarrow{\text{Dönüşüm}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Egim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Egim}$$

$$k_0 = 6.077 \cdot 10^{-3}$$

$$E_A = 0.922$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = -0.221$$

$$k := \frac{\overrightarrow{\text{(Dönüşüm)}^{\frac{1}{2}}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Egim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Egim}$$

$$k_0 = 6.887 \cdot 10^{-4}$$

$$E_A = -1.876$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = 0.432$$

$$k := \frac{\overrightarrow{\text{(Dönüşüm)}^{\frac{1}{3}}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Eğim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Eğim}$$

$$k_0 = 3.333 \cdot 10^{-4}$$

$$E_A = -2.809$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = 0.585$$

$$k := \frac{\overrightarrow{\text{(Dönüşüm)}^{\frac{1}{4}}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Eğim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Eğim}$$

$$k_0 = 2.318 \cdot 10^{-4}$$

$$E_A = -3.275$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = 0.645$$

Üs kanunu ile yürüyorsa

$$k := \frac{\overrightarrow{\text{Dönüşüm}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Eğim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Eğim}$$

$$k_0 = 6.077 \cdot 10^{-3}$$

$$E_A = 0.922$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = -0.221$$

Avrami-Erofeev (AE) esitliği ile yürüyorsa

n := 1, 2.. 4

$$k(n) := \frac{(-\ln(1 - \text{Dönüşüm}))^{\frac{1}{n}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat}(n) := \ln(k(n))$$

$$\text{Egim}(n) := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat}(n))$$

$$\text{Kesim}(n) := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat}(n))$$

$$k_0(n) := \exp(\text{Kesim}(n))$$

$$E_A(n) := -R \cdot \text{Egim}(n)$$

k₀(n)

0.047
1.919 · 10 ⁻³
6.6 · 10 ⁻⁴
3.87 · 10 ⁻⁴

E_A(n)

2.782
-0.946
-2.189
-2.81

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}(n))$$

-0.53
0.227
0.482
0.581

Cint := 1.7, 1.70001.. 2.7

Prout-Tompkins (PT) esitligim ile yürüyorsa

$$\text{ordinat}(Cint) := \ln(k(Cint))$$

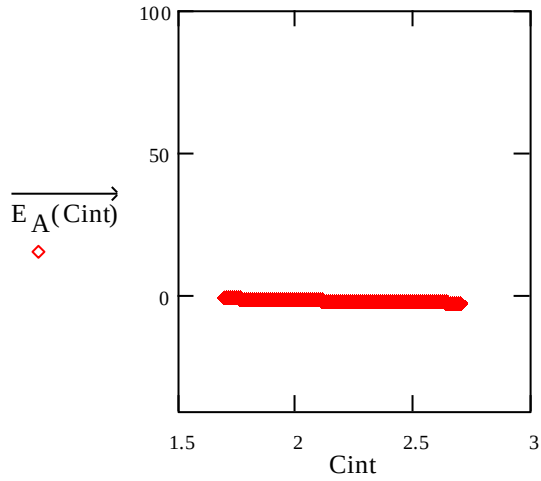
$$k(Cint) := \frac{\ln\left(\frac{\text{Dönüşüm}}{1 - \text{Dönüşüm}}\right) + Cint}{\text{süre}}$$

$$\text{Egim}(Cint) := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat}(Cint))$$

$$\text{Kesim}(n) := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat}(Cint))$$

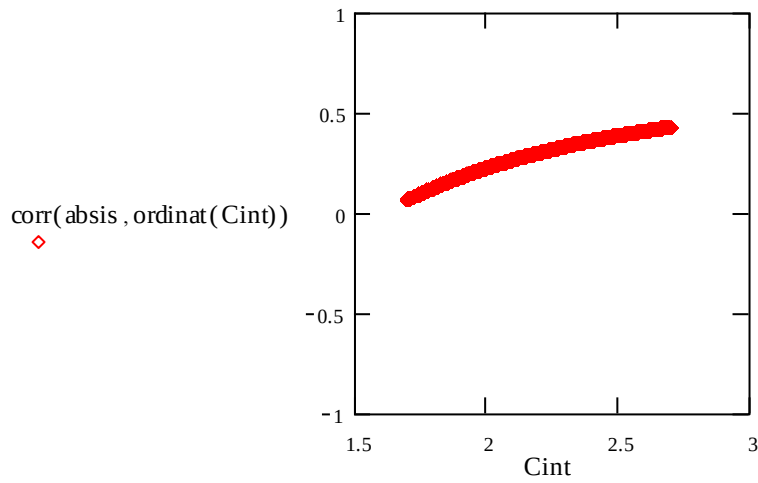
$$k_0(Cint) := \exp(\text{Kesim}(Cint))$$

$$E_A(\text{Cint}) := -R \cdot \text{Egim}(\text{Cint})$$



$$E_A(1.725\theta) = -0.353$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}(1.725\theta)) = 0.086$$



Piroliz'in difüzyonla yürüdüğü kabul edilirse

Bir boyutlu yürüdüğü kabul edilirse

$$k := \frac{\overrightarrow{\text{Dönüşüm}}^2}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Egim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Egim}$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = -0.814$$

$$E_A = 6.518$$

$$k_0 = 0.473$$

İki boyutlu yürüdüğü kabul edilirse

$$k := \frac{\overrightarrow{(1 - \text{Dönüşüm}) \cdot \ln(1 - \text{Dönüşüm}) + \text{Dönüşüm}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Egim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Egim}$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = -0.841$$

$$E_A = 7.601$$

$$k_0 = 0.789$$

Üç boyutlu (Jander) yürüdüğü kabul edilirse

$$k := \frac{\overrightarrow{\left[1 - (1 - (\text{Dönüşüm})^{\frac{1}{3}}) \right]^2}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Egim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Egim}$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = -0.862$$

$$E_A = 8.887$$

$$k_0 = 0.721$$

Üç boyutlu (Ginstling-Brounshtein)

$$k := \frac{\overrightarrow{1 - \frac{2}{3 \cdot \text{Dönüşüm}} - (1 - \text{Dönüşüm})^{\frac{2}{3}}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Egim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercep}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Egim}$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = 0.947$$

$$E_A = -13.922$$

$$k_0 = -1.504 \cdot 10^{-8}$$

Pirolizin büzülen geometriye göre yürüdüğü kabul edilirse
Büzülen alan ile yürüyorsa

$$k := \frac{1 - (1 - \text{Dönüşüm})^{\frac{1}{2}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Eğim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercept}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Eğim}$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = -0.39$$

$$E_A = 1.79$$

$$k_0 = 7.94 \cdot 10^{-3}$$

Büzülen hacim ile yürüyorsa

$$k := \frac{1 - (1 - \text{Dönüşüm})^{\frac{1}{3}}}{\text{süre}}$$

$$\text{ordinat} := \ln(k)$$

$$\text{Eğim} := \text{slope}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$\text{Kesim} := \text{intercept}(\text{absis}, \text{ordinat})$$

$$k_0 := \exp(\text{Kesim})$$

$$E_A := -R \cdot \text{Eğim}$$

$$k_0 = 7.501 \cdot 10^{-3}$$

$$E_A = 2.106$$

$$\text{corr}(\text{absis}, \text{ordinat}) = -0.441$$

,

TERMOGRAVİMETRİK ANALİZ VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

:= 0.00	0.00	27.49	25.00	100.00
2.00	2.00	28.12	25.67	99.99
4.00	4.00	28.77	26.33	99.98
6.00	6.00	29.43	27.00	100.0
8.00	8.00	30.11	27.67	100.03
10.00	10.00	30.76	28.33	100.08
12.00	12.00	31.39	29.00	100.12
14.00	14.00	32.01	29.67	100.14
16.00	16.00	32.64	30.33	100.16
18.00	18.00	33.27	31.00	100.16

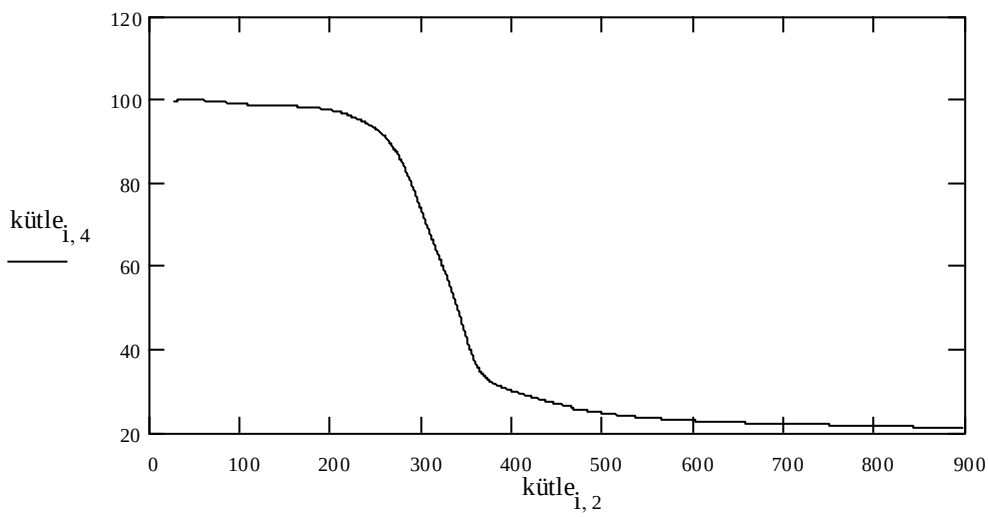
:= 0.00	0.00	27.49	25.00	0.00
2.00	2.00	28.12	25.67	0.00
4.00	4.00	28.77	26.33	0.00
6.00	6.00	29.43	27.00	0.00
8.00	8.00	30.11	27.67	0.00
10.00	10.00	30.76	28.33	0.00
12.00	12.00	31.39	29.00	0.00
14.00	14.00	32.01	29.67	0.00
16.00	16.00	32.64	30.33	0.00
18.00	18.00	33.27	31.00	0.00

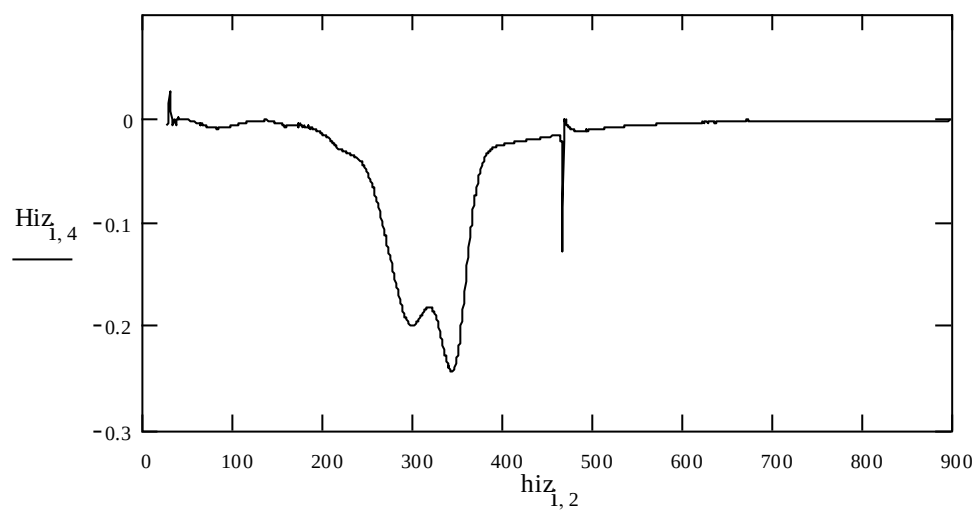
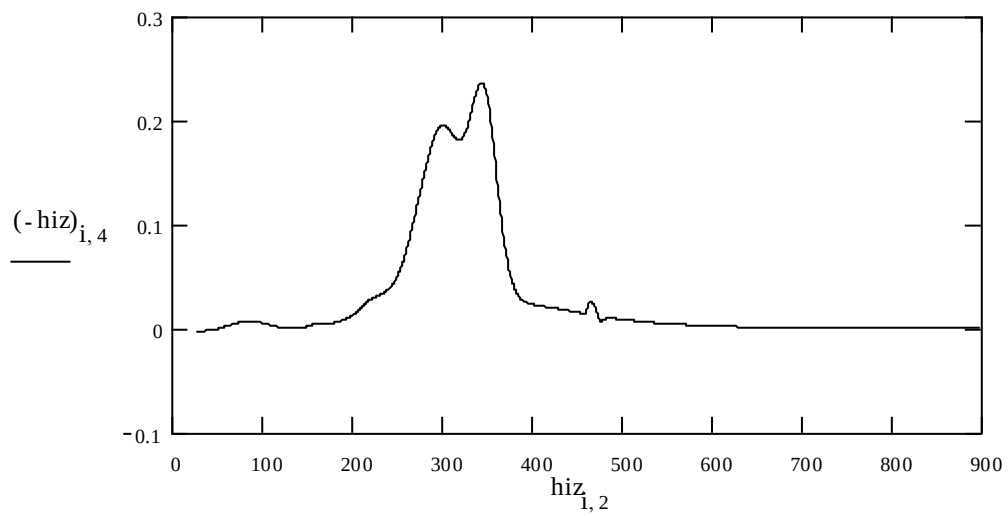
i := 0.. 1312

j := 0.. 4

kütle_{1313,4} := kütle_{1312,4}

Hız_{1,4} := $\frac{\text{kütle}_{1+1,4} - \text{kütle}_{1,4}}{2}$





Programda Kütle Ve Hız Olarak Belirtilen TGA Verileri

Title

Curve Name:

!MK-100_tga

Curve Values:

Index	Time [s]	Sample Temp [°C]	Ref. Temp [°C]	Value [%]
0	0.0000	27.4947	25.0000	100.0000
2	2.0000	28.1151	25.6667	99.9888
4	4.0000	28.7661	26.3333	99.9819
6	6.0000	29.4302	27.0000	99.9958
8	8.0000	30.1075	27.6667	100.0281
10	10.0000	30.7585	28.3333	100.0816
12	12.0000	31.3917	29.0000	100.1188
14	14.0000	32.0139	29.6667	100.1414
16	16.0000	32.6426	30.3333	100.1566
18	18.0000	33.2676	31.0000	100.1559
20	20.0000	33.9145	31.6667	100.1491
22	22.0000	34.5318	32.3333	100.1385
24	24.0000	35.1719	33.0000	100.1354
26	26.0000	35.8064	33.6667	100.1341
28	28.0000	36.4505	34.3333	100.1331
30	30.0000	37.0910	35.0000	100.1317
32	32.0000	37.7121	35.6667	100.1215
34	34.0000	38.3544	36.3333	100.1171
36	36.0000	38.9786	37.0000	100.1162
38	38.0000	39.6093	37.6667	100.1168
40	40.0000	40.2428	38.3333	100.1190
42	42.0000	40.8744	39.0000	100.1206
44	44.0000	41.5078	39.6667	100.1219
46	46.0000	42.1358	40.3333	100.1222
48	48.0000	42.7835	41.0000	100.1227
50	50.0000	43.4351	41.6667	100.1226
52	52.0000	44.0778	42.3333	100.1224
54	54.0000	44.7002	43.0000	100.1221
56	56.0000	45.3503	43.6667	100.1220
58	58.0000	45.9903	44.3333	100.1225
60	60.0000	46.6274	45.0000	100.1229
62	62.0000	47.2811	45.6667	100.1230
64	64.0000	47.9482	46.3333	100.1225
66	66.0000	48.5668	47.0000	100.1216
68	68.0000	49.2278	47.6667	100.1200
70	70.0000	49.8700	48.3333	100.1185
72	72.0000	50.5250	49.0000	100.1171
74	74.0000	51.1859	49.6667	100.1159
76	76.0000	51.8048	50.3333	100.1148
78	78.0000	52.4728	51.0000	100.1130
80	80.0000	53.1275	51.6667	100.1106

82	82.0000	53.7709	52.3333	100.1067
84	84.0000	54.4133	53.0000	100.1028
86	86.0000	55.0674	53.6667	100.0980
88	88.0000	55.7258	54.3333	100.0931
90	90.0000	56.3718	55.0000	100.0878
92	92.0000	57.0148	55.6667	100.0822
94	94.0000	57.6749	56.3333	100.0765
96	96.0000	58.3233	57.0000	100.0708
98	98.0000	58.9671	57.6667	100.0651
100	100.0000	59.6188	58.3333	100.0591
102	102.0000	60.2817	59.0000	100.0526
104	104.0000	60.9339	59.6667	100.0452
106	106.0000	61.5797	60.3333	100.0377
108	108.0000	62.2241	61.0000	100.0296
110	110.0000	62.8836	61.6667	100.0213
112	112.0000	63.5386	62.3333	100.0125
114	114.0000	64.1916	63.0000	100.0034
116	116.0000	64.8599	63.6667	99.9941
118	118.0000	65.5216	64.3333	99.9844
120	120.0000	66.1634	65.0000	99.9751
122	122.0000	66.8219	65.6667	99.9659
124	124.0000	67.5029	66.3333	99.9565
126	126.0000	68.1494	67.0000	99.9467
128	128.0000	68.7991	67.6667	99.9364
130	130.0000	69.4735	68.3333	99.9253
132	132.0000	70.1341	69.0000	99.9136
134	134.0000	70.7806	69.6667	99.9013
136	136.0000	71.4298	70.3333	99.8879
138	138.0000	72.0917	71.0000	99.8747
140	140.0000	72.7656	71.6667	99.8611
142	142.0000	73.4078	72.3333	99.8474
144	144.0000	74.0676	73.0000	99.8334
146	146.0000	74.7056	73.6667	99.8194
148	148.0000	75.3831	74.3333	99.8049
150	150.0000	76.0297	75.0000	99.7899
152	152.0000	76.6983	75.6667	99.7744
154	154.0000	77.3567	76.3333	99.7583
156	156.0000	78.0093	77.0000	99.7427
158	158.0000	78.6779	77.6667	99.7270
160	160.0000	79.3414	78.3333	99.7109
162	162.0000	80.0116	79.0000	99.6943
164	164.0000	80.6509	79.6667	99.6774
166	166.0000	81.3301	80.3333	99.6601
168	168.0000	81.9699	81.0000	99.6429
170	170.0000	82.6356	81.6667	99.6257
172	172.0000	83.2811	82.3333	99.6083
174	174.0000	83.9249	83.0000	99.5908
176	176.0000	84.5944	83.6667	99.5733
178	178.0000	85.2599	84.3333	99.5563
180	180.0000	85.9186	85.0000	99.5396
182	182.0000	86.5872	85.6667	99.5231

184	184.0000	87.2316	86.3333	99.5066
186	186.0000	87.9043	87.0000	99.4902
188	188.0000	88.5533	87.6667	99.4741
190	190.0000	89.2146	88.3333	99.4580
192	192.0000	89.8916	89.0000	99.4416
194	194.0000	90.5417	89.6667	99.4250
196	196.0000	91.1989	90.3333	99.4088
198	198.0000	91.8753	91.0000	99.3928
200	200.0000	92.5238	91.6667	99.3767
202	202.0000	93.2061	92.3333	99.3605
204	204.0000	93.8559	93.0000	99.3442
206	206.0000	94.4966	93.6667	99.3282
208	208.0000	95.1811	94.3333	99.3129
210	210.0000	95.8358	95.0000	99.2981
212	212.0000	96.5273	95.6667	99.2842
214	214.0000	97.1658	96.3333	99.2701
216	216.0000	97.7990	97.0000	99.2563
218	218.0000	98.5153	97.6667	99.2427
220	220.0000	99.1464	98.3333	99.2298
222	222.0000	99.8044	99.0000	99.2170
224	224.0000	100.5317	99.6667	99.2041
226	226.0000	101.1604	100.3333	99.1913
228	228.0000	101.7917	101.0000	99.1787
230	230.0000	102.4771	101.6667	99.1666
232	232.0000	103.1397	102.3333	99.1550
234	234.0000	103.7999	103.0000	99.1442
236	236.0000	104.4583	103.6667	99.1334
238	238.0000	105.1209	104.3333	99.1228
240	240.0000	105.7974	105.0000	99.1124
242	242.0000	106.4739	105.6667	99.1021
244	244.0000	107.1554	106.3333	99.0922
246	246.0000	107.7986	107.0000	99.0826
248	248.0000	108.4543	107.6667	99.0734
250	250.0000	109.1430	108.3333	99.0644
252	252.0000	109.8017	109.0000	99.0559
254	254.0000	110.4604	109.6667	99.0473
256	256.0000	111.1177	110.3333	99.0388
258	258.0000	111.7921	111.0000	99.0305
260	260.0000	112.4628	111.6667	99.0225
262	262.0000	113.1369	112.3333	99.0154
264	264.0000	113.7839	113.0000	99.0086
266	266.0000	114.4461	113.6667	99.0027
268	268.0000	115.1249	114.3333	98.9967
270	270.0000	115.8119	115.0000	98.9908
272	272.0000	116.4615	115.6667	98.9851
274	274.0000	117.1341	116.3333	98.9796
276	276.0000	117.8065	117.0000	98.9743
278	278.0000	118.4771	117.6667	98.9692
280	280.0000	119.1366	118.3333	98.9643
282	282.0000	119.7896	119.0000	98.9593
284	284.0000	120.4673	119.6667	98.9546

286	286.0000	121.1228	120.3333	98.9504
288	288.0000	121.7891	121.0000	98.9466
290	290.0000	122.4493	121.6667	98.9430
292	292.0000	123.1197	122.3333	98.9396
294	294.0000	123.7890	123.0000	98.9366
296	296.0000	124.4562	123.6667	98.9338
298	298.0000	125.1465	124.3333	98.9312
300	300.0000	125.8085	125.0000	98.9283
302	302.0000	126.4699	125.6667	98.9254
304	304.0000	127.1529	126.3333	98.9226
306	306.0000	127.8158	127.0000	98.9196
308	308.0000	128.4721	127.6667	98.9164
310	310.0000	129.1465	128.3333	98.9131
312	312.0000	129.8032	129.0000	98.9103
314	314.0000	130.4741	129.6667	98.9077
316	316.0000	131.1292	130.3333	98.9056
318	318.0000	131.7934	131.0000	98.9032
320	320.0000	132.4673	131.6667	98.9004
322	322.0000	133.1347	132.3333	98.8973
324	324.0000	133.8046	133.0000	98.8937
326	326.0000	134.4732	133.6667	98.8901
328	328.0000	135.1368	134.3333	98.8869
330	330.0000	135.8035	135.0000	98.8848
332	332.0000	136.4689	135.6667	98.8835
334	334.0000	137.1324	136.3333	98.8841
336	336.0000	137.8001	137.0000	98.8841
338	338.0000	138.4583	137.6667	98.8839
340	340.0000	139.1465	138.3333	98.8829
342	342.0000	139.8004	139.0000	98.8808
344	344.0000	140.4631	139.6667	98.8783
346	346.0000	141.1263	140.3333	98.8755
348	348.0000	141.7824	141.0000	98.8726
350	350.0000	142.4608	141.6667	98.8695
352	352.0000	143.1282	142.3333	98.8663
354	354.0000	143.7832	143.0000	98.8631
356	356.0000	144.4563	143.6667	98.8596
358	358.0000	145.1335	144.3333	98.8558
360	360.0000	145.7851	145.0000	98.8514
362	362.0000	146.4546	145.6667	98.8464
364	364.0000	147.1381	146.3333	98.8405
366	366.0000	147.8041	147.0000	98.8341
368	368.0000	148.4740	147.6667	98.8274
370	370.0000	149.1304	148.3333	98.8201
372	372.0000	149.7989	149.0000	98.8132
374	374.0000	150.4681	149.6667	98.8064
376	376.0000	151.1315	150.3333	98.7996
378	378.0000	151.7910	151.0000	98.7929
380	380.0000	152.4600	151.6667	98.7865
382	382.0000	153.1223	152.3333	98.7799
384	384.0000	153.7754	153.0000	98.7729
386	386.0000	154.4434	153.6667	98.7655

388	388.0000	155.1075	154.3333	98.7576
390	390.0000	155.7677	155.0000	98.7491
392	392.0000	156.4356	155.6667	98.7393
394	394.0000	157.0882	156.3333	98.7286
396	396.0000	157.7510	157.0000	98.7157
398	398.0000	158.4155	157.6667	98.7018
400	400.0000	159.0867	158.3333	98.6866
402	402.0000	159.7415	159.0000	98.6719
404	404.0000	160.4062	159.6667	98.6578
406	406.0000	161.0692	160.3333	98.6452
408	408.0000	161.7288	161.0000	98.6333
410	410.0000	162.3770	161.6667	98.6230
412	412.0000	163.0434	162.3333	98.6126
414	414.0000	163.7039	163.0000	98.6023
416	416.0000	164.3798	163.6667	98.5914
418	418.0000	165.0346	164.3333	98.5794
420	420.0000	165.6877	165.0000	98.5668
422	422.0000	166.3595	165.6667	98.5543
424	424.0000	167.0222	166.3333	98.5414
426	426.0000	167.6752	167.0000	98.5290
428	428.0000	168.3374	167.6667	98.5176
430	430.0000	169.0009	168.3333	98.5066
432	432.0000	169.6578	169.0000	98.4966
434	434.0000	170.3230	169.6667	98.4867
436	436.0000	170.9792	170.3333	98.4768
438	438.0000	171.6440	171.0000	98.4667
440	440.0000	172.3133	171.6667	98.4563
442	442.0000	172.9873	172.3333	98.4429
444	444.0000	173.6571	173.0000	98.4283
446	446.0000	174.3174	173.6667	98.4207
448	448.0000	174.9879	174.3333	98.4104
450	450.0000	175.6400	175.0000	98.4021
452	452.0000	176.3126	175.6667	98.3922
454	454.0000	176.9839	176.3333	98.3801
456	456.0000	177.6395	177.0000	98.3673
458	458.0000	178.3138	177.6667	98.3539
460	460.0000	178.9752	178.3333	98.3400
462	462.0000	179.6355	179.0000	98.3281
464	464.0000	180.3107	179.6667	98.3143
466	466.0000	180.9718	180.3333	98.2995
468	468.0000	181.6327	181.0000	98.2843
470	470.0000	182.2935	181.6667	98.2696
472	472.0000	182.9693	182.3333	98.2551
474	474.0000	183.6267	183.0000	98.2406
476	476.0000	184.3000	183.6667	98.2268
478	478.0000	184.9669	184.3333	98.2142
480	480.0000	185.6413	185.0000	98.1985
482	482.0000	186.3034	185.6667	98.1806
484	484.0000	186.9739	186.3333	98.1636
486	486.0000	187.6328	187.0000	98.1464
488	488.0000	188.3051	187.6667	98.1292

490	490.0000	188.9758	188.3333	98.1119
492	492.0000	189.6216	189.0000	98.0942
494	494.0000	190.2914	189.6667	98.0763
496	496.0000	190.9582	190.3333	98.0575
498	498.0000	191.6254	191.0000	98.0383
500	500.0000	192.2778	191.6667	98.0180
502	502.0000	192.9537	192.3333	97.9973
504	504.0000	193.6145	193.0000	97.9755
506	506.0000	194.2809	193.6667	97.9534
508	508.0000	194.9524	194.3333	97.9306
510	510.0000	195.6203	195.0000	97.9073
512	512.0000	196.2785	195.6667	97.8836
514	514.0000	196.9328	196.3333	97.8589
516	516.0000	197.5903	197.0000	97.8345
518	518.0000	198.2694	197.6667	97.8093
520	520.0000	198.9316	198.3333	97.7836
522	522.0000	199.6140	199.0000	97.7569
524	524.0000	200.2766	199.6667	97.7295
526	526.0000	200.9269	200.3333	97.7011
528	528.0000	201.5811	201.0000	97.6721
530	530.0000	202.2550	201.6667	97.6425
532	532.0000	202.9120	202.3333	97.6121
534	534.0000	203.5885	203.0000	97.5816
536	536.0000	204.2441	203.6667	97.5504
538	538.0000	204.9166	204.3333	97.5186
540	540.0000	205.5838	205.0000	97.4856
542	542.0000	206.2414	205.6667	97.4520
544	544.0000	206.8996	206.3333	97.4174
546	546.0000	207.5760	207.0000	97.3820
548	548.0000	208.2394	207.6667	97.3455
550	550.0000	208.8932	208.3333	97.3069
552	552.0000	209.5586	209.0000	97.2675
554	554.0000	210.2072	209.6667	97.2255
556	556.0000	210.8790	210.3333	97.1829
558	558.0000	211.5566	211.0000	97.1386
560	560.0000	212.2102	211.6667	97.0940
562	562.0000	212.8774	212.3333	97.0483
564	564.0000	213.5353	213.0000	97.0011
566	566.0000	214.2063	213.6667	96.9525
568	568.0000	214.8658	214.3333	96.9013
570	570.0000	215.5188	215.0000	96.8500
572	572.0000	216.1823	215.6667	96.7966
574	574.0000	216.8413	216.3333	96.7422
576	576.0000	217.4954	217.0000	96.6859
578	578.0000	218.1621	217.6667	96.6291
580	580.0000	218.8079	218.3333	96.5714
582	582.0000	219.4844	219.0000	96.5135
584	584.0000	220.1385	219.6667	96.4557
586	586.0000	220.7910	220.3333	96.3977
588	588.0000	221.4597	221.0000	96.3397
590	590.0000	222.1141	221.6667	96.2813

592	592.0000	222.7698	222.3333	96.2224
594	594.0000	223.4363	223.0000	96.1623
596	596.0000	224.1050	223.6667	96.1017
598	598.0000	224.7676	224.3333	96.0404
600	600.0000	225.4317	225.0000	95.9787
602	602.0000	226.0918	225.6667	95.9164
604	604.0000	226.7681	226.3333	95.8530
606	606.0000	227.4387	227.0000	95.7893
608	608.0000	228.0983	227.6667	95.7247
610	610.0000	228.7618	228.3333	95.6599
612	612.0000	229.4356	229.0000	95.5944
614	614.0000	230.0945	229.6667	95.5281
616	616.0000	230.7474	230.3333	95.4609
618	618.0000	231.4225	231.0000	95.3933
620	620.0000	232.0854	231.6667	95.3252
622	622.0000	232.7460	232.3333	95.2565
624	624.0000	233.4108	233.0000	95.1875
626	626.0000	234.0865	233.6667	95.1178
628	628.0000	234.7467	234.3333	95.0478
630	630.0000	235.4127	235.0000	94.9771
632	632.0000	236.0847	235.6667	94.9062
634	634.0000	236.7585	236.3333	94.8346
636	636.0000	237.4276	237.0000	94.7626
638	638.0000	238.1009	237.6667	94.6898
640	640.0000	238.7617	238.3333	94.6159
642	642.0000	239.4238	239.0000	94.5415
644	644.0000	240.0910	239.6667	94.4655
646	646.0000	240.7628	240.3333	94.3888
648	648.0000	241.4232	241.0000	94.3105
650	650.0000	242.0786	241.6667	94.2315
652	652.0000	242.7442	242.3333	94.1511
654	654.0000	243.4062	243.0000	94.0697
656	656.0000	244.0924	243.6667	93.9871
658	658.0000	244.7531	244.3333	93.9018
660	660.0000	245.4159	245.0000	93.8157
662	662.0000	246.0723	245.6667	93.7264
664	664.0000	246.7296	246.3333	93.6362
666	666.0000	247.3937	247.0000	93.5433
668	668.0000	248.0579	247.6667	93.4492
670	670.0000	248.7304	248.3333	93.3528
672	672.0000	249.3887	249.0000	93.2550
674	674.0000	250.0501	249.6667	93.1555
676	676.0000	250.7159	250.3333	93.0524
678	678.0000	251.3698	251.0000	92.9482
680	680.0000	252.0506	251.6667	92.8398
682	682.0000	252.7116	252.3333	92.7294
684	684.0000	253.3776	253.0000	92.6148
686	686.0000	254.0409	253.6667	92.4982
688	688.0000	254.6945	254.3333	92.3781
690	690.0000	255.3587	255.0000	92.2552
692	692.0000	256.0242	255.6667	92.1294

694	694.0000	256.6842	256.3333	91.9981
696	696.0000	257.3481	257.0000	91.8660
698	698.0000	258.0181	257.6667	91.7285
700	700.0000	258.6770	258.3333	91.5885
702	702.0000	259.3586	259.0000	91.4424
704	704.0000	260.0127	259.6667	91.2934
706	706.0000	260.6938	260.3333	91.1391
708	708.0000	261.3493	261.0000	90.9815
710	710.0000	262.0091	261.6667	90.8201
712	712.0000	262.6783	262.3333	90.6512
714	714.0000	263.3449	263.0000	90.4808
716	716.0000	264.0044	263.6667	90.3034
718	718.0000	264.6541	264.3333	90.1237
720	720.0000	265.3300	265.0000	89.9375
722	722.0000	266.0024	265.6667	89.7476
724	724.0000	266.6663	266.3333	89.5518
726	726.0000	267.3336	267.0000	89.3523
728	728.0000	268.0140	267.6667	89.1489
730	730.0000	268.6731	268.3333	88.9369
732	732.0000	269.3305	269.0000	88.7233
734	734.0000	270.0163	269.6667	88.5016
736	736.0000	270.6784	270.3333	88.2774
738	738.0000	271.3383	271.0000	88.0464
740	740.0000	272.0055	271.6667	87.8118
742	742.0000	272.6812	272.3333	87.5709
744	744.0000	273.3415	273.0000	87.3262
746	746.0000	274.0070	273.6667	87.0774
748	748.0000	274.6801	274.3333	86.8190
750	750.0000	275.3520	275.0000	86.5591
752	752.0000	276.0212	275.6667	86.2906
754	754.0000	276.6835	276.3333	86.0203
756	756.0000	277.3542	277.0000	85.7429
758	758.0000	278.0155	277.6667	85.4613
760	760.0000	278.6660	278.3333	85.1731
762	762.0000	279.3340	279.0000	84.8813
764	764.0000	280.0134	279.6667	84.5853
766	766.0000	280.6776	280.3333	84.2813
768	768.0000	281.3404	281.0000	83.9753
770	770.0000	282.0084	281.6667	83.6616
772	772.0000	282.6691	282.3333	83.3458
774	774.0000	283.3425	283.0000	83.0231
776	776.0000	284.0025	283.6667	82.6965
778	778.0000	284.6634	284.3333	82.3635
780	780.0000	285.3307	285.0000	82.0275
782	782.0000	285.9949	285.6667	81.6882
784	784.0000	286.6646	286.3333	81.3423
786	786.0000	287.3313	287.0000	80.9944
788	788.0000	287.9922	287.6667	80.6400
790	790.0000	288.6559	288.3333	80.2836
792	792.0000	289.3279	289.0000	79.9215
794	794.0000	289.9938	289.6667	79.5569

796	796.0000	290.6567	290.3333	79.1879
798	798.0000	291.3188	291.0000	78.8166
800	800.0000	291.9919	291.6667	78.4428
802	802.0000	292.6468	292.3333	78.0638
804	804.0000	293.3172	293.0000	77.6836
806	806.0000	293.9949	293.6667	77.2985
808	808.0000	294.6371	294.3333	76.9129
810	810.0000	295.3114	295.0000	76.5241
812	812.0000	295.9898	295.6667	76.1340
814	814.0000	296.6434	296.3333	75.7409
816	816.0000	297.3109	297.0000	75.3468
818	818.0000	297.9691	297.6667	74.9522
820	820.0000	298.6312	298.3333	74.5562
822	822.0000	299.2920	299.0000	74.1605
824	824.0000	299.9565	299.6667	73.7644
826	826.0000	300.6180	300.3333	73.3679
828	828.0000	301.2945	301.0000	72.9710
830	830.0000	301.9590	301.6667	72.5751
832	832.0000	302.6244	302.3333	72.1801
834	834.0000	303.2801	303.0000	71.7849
836	836.0000	303.9435	303.6667	71.3903
838	838.0000	304.6206	304.3333	70.9966
840	840.0000	305.2800	305.0000	70.6042
842	842.0000	305.9532	305.6667	70.2143
844	844.0000	306.6136	306.3333	69.8248
846	846.0000	307.2724	307.0000	69.4376
848	848.0000	307.9361	307.6667	69.0523
850	850.0000	308.5890	308.3333	68.6698
852	852.0000	309.2531	309.0000	68.2885
854	854.0000	309.9190	309.6667	67.9080
856	856.0000	310.5740	310.3333	67.5305
858	858.0000	311.2333	311.0000	67.1540
860	860.0000	311.8923	311.6667	66.7805
862	862.0000	312.5519	312.3333	66.4076
864	864.0000	313.2252	313.0000	66.0373
866	866.0000	313.8879	313.6667	65.6685
868	868.0000	314.5481	314.3333	65.3019
870	870.0000	315.2043	315.0000	64.9358
872	872.0000	315.8633	315.6667	64.5708
874	874.0000	316.5229	316.3333	64.2077
876	876.0000	317.1945	317.0000	63.8451
878	878.0000	317.8503	317.6667	63.4844
880	880.0000	318.5092	318.3333	63.1236
882	882.0000	319.1660	319.0000	62.7629
884	884.0000	319.8373	319.6667	62.4018
886	886.0000	320.4988	320.3333	62.0402
888	888.0000	321.1647	321.0000	61.6783
890	890.0000	321.8116	321.6667	61.3153
892	892.0000	322.4745	322.3333	60.9508
894	894.0000	323.1494	323.0000	60.5855
896	896.0000	323.8078	323.6667	60.2179

898	898.0000	324.4665	324.3333	59.8486
900	900.0000	325.1364	325.0000	59.4760
902	902.0000	325.7991	325.6667	59.1014
904	904.0000	326.4470	326.3333	58.7233
906	906.0000	327.1143	327.0000	58.3430
908	908.0000	327.7782	327.6667	57.9601
910	910.0000	328.4436	328.3333	57.5707
912	912.0000	329.1017	329.0000	57.1792
914	914.0000	329.7666	329.6667	56.7803
916	916.0000	330.4137	330.3333	56.3795
918	918.0000	331.0804	331.0000	55.9721
920	920.0000	331.7445	331.6667	55.5608
922	922.0000	332.4208	332.3333	55.1431
924	924.0000	333.0641	333.0000	54.7218
926	926.0000	333.7328	333.6667	54.2965
928	928.0000	334.3922	334.3333	53.8627
930	930.0000	335.0579	335.0000	53.4266
932	932.0000	335.7262	335.6667	52.9828
934	934.0000	336.3963	336.3333	52.5370
936	936.0000	337.0596	337.0000	52.0832
938	938.0000	337.7392	337.6667	51.6286
940	940.0000	338.3922	338.3333	51.1713
942	942.0000	339.0686	339.0000	50.7073
944	944.0000	339.7256	339.6667	50.2383
946	946.0000	340.3918	340.3333	49.7623
948	948.0000	341.0588	341.0000	49.2874
950	950.0000	341.7253	341.6667	48.8101
952	952.0000	342.3888	342.3333	48.3311
954	954.0000	343.0604	343.0000	47.8493
956	956.0000	343.7173	343.6667	47.3665
958	958.0000	344.3861	344.3333	46.8824
960	960.0000	345.0445	345.0000	46.3985
962	962.0000	345.7274	345.6667	45.9150
964	964.0000	346.3951	346.3333	45.4333
966	966.0000	347.0592	347.0000	44.9534
968	968.0000	347.7209	347.6667	44.4772
970	970.0000	348.3824	348.3333	44.0021
972	972.0000	349.0537	349.0000	43.5317
974	974.0000	349.7014	349.6667	43.0653
976	976.0000	350.3778	350.3333	42.6066
978	978.0000	351.0432	351.0000	42.1526
980	980.0000	351.7047	351.6667	41.7050
982	982.0000	352.3667	352.3333	41.2700
984	984.0000	353.0306	353.0000	40.8383
986	986.0000	353.7007	353.6667	40.4213
988	988.0000	354.3600	354.3333	40.0099
990	990.0000	355.0307	355.0000	39.6137
992	992.0000	355.6961	355.6667	39.2258
994	994.0000	356.3530	356.3333	38.8529
996	996.0000	357.0150	357.0000	38.4884
998	998.0000	357.6829	357.6667	38.1340

1000	1000.0000	358.3413	358.3333	37.7995
1002	1002.0000	359.0204	359.0000	37.4697
1004	1004.0000	359.6811	359.6667	37.1592
1006	1006.0000	360.3398	360.3333	36.8541
1008	1008.0000	361.0217	361.0000	36.5659
1010	1010.0000	361.6818	361.6667	36.2863
1012	1012.0000	362.3398	362.3333	36.0217
1014	1014.0000	363.0018	363.0000	35.7653
1016	1016.0000	363.6737	363.6667	35.5184
1018	1018.0000	364.3495	364.3333	35.2903
1020	1020.0000	365.0084	365.0000	35.0658
1022	1022.0000	365.6658	365.6667	34.8586
1024	1024.0000	366.3273	366.3333	34.6554
1026	1026.0000	367.0053	367.0000	34.4657
1028	1028.0000	367.6686	367.6667	34.2822
1030	1030.0000	368.3358	368.3333	34.1095
1032	1032.0000	368.9907	369.0000	33.9429
1034	1034.0000	369.6458	369.6667	33.7824
1036	1036.0000	370.3174	370.3333	33.6348
1038	1038.0000	370.9784	371.0000	33.4893
1040	1040.0000	371.6412	371.6667	33.3546
1042	1042.0000	372.3066	372.3333	33.2227
1044	1044.0000	372.9724	373.0000	33.0994
1046	1046.0000	373.6313	373.6667	32.9804
1048	1048.0000	374.2992	374.3333	32.8685
1050	1050.0000	374.9700	375.0000	32.7601
1052	1052.0000	375.6313	375.6667	32.6557
1054	1054.0000	376.3025	376.3333	32.5588
1056	1056.0000	376.9550	377.0000	32.4630
1058	1058.0000	377.6145	377.6667	32.3736
1060	1060.0000	378.2948	378.3333	32.2858
1062	1062.0000	378.9564	379.0000	32.2030
1064	1064.0000	379.6178	379.6667	32.1224
1066	1066.0000	380.2793	380.3333	32.0453
1068	1068.0000	380.9381	381.0000	31.9700
1070	1070.0000	381.6115	381.6667	31.8967
1072	1072.0000	382.2709	382.3333	31.8273
1074	1074.0000	382.9311	383.0000	31.7584
1076	1076.0000	383.5984	383.6667	31.6926
1078	1078.0000	384.2605	384.3333	31.6276
1080	1080.0000	384.9218	385.0000	31.5651
1082	1082.0000	385.5930	385.6667	31.5035
1084	1084.0000	386.2609	386.3333	31.4434
1086	1086.0000	386.9238	387.0000	31.3842
1088	1088.0000	387.5753	387.6667	31.3258
1090	1090.0000	388.2510	388.3333	31.2690
1092	1092.0000	388.9119	389.0000	31.2124
1094	1094.0000	389.5648	389.6667	31.1571
1096	1096.0000	390.2232	390.3333	31.1021
1098	1098.0000	390.9027	391.0000	31.0481
1100	1100.0000	391.5609	391.6667	30.9946

1102	1102.0000	392.2315	392.3333	30.9417
1104	1104.0000	392.8942	393.0000	30.8891
1106	1106.0000	393.5597	393.6667	30.8369
1108	1108.0000	394.2354	394.3333	30.7853
1110	1110.0000	394.8923	395.0000	30.7337
1112	1112.0000	395.5484	395.6667	30.6829
1114	1114.0000	396.2152	396.3333	30.6324
1116	1116.0000	396.8800	397.0000	30.5826
1118	1118.0000	397.5440	397.6667	30.5326
1120	1120.0000	398.1969	398.3333	30.4827
1122	1122.0000	398.8727	399.0000	30.4332
1124	1124.0000	399.5286	399.6667	30.3841
1126	1126.0000	400.1924	400.3333	30.3354
1128	1128.0000	400.8594	401.0000	30.2865
1130	1130.0000	401.5304	401.6667	30.2377
1132	1132.0000	402.1898	402.3333	30.1894
1134	1134.0000	402.8540	403.0000	30.1416
1136	1136.0000	403.5088	403.6667	30.0940
1138	1138.0000	404.1736	404.3333	30.0466
1140	1140.0000	404.8506	405.0000	29.9991
1142	1142.0000	405.5076	405.6667	29.9518
1144	1144.0000	406.1802	406.3333	29.9049
1146	1146.0000	406.8540	407.0000	29.8582
1148	1148.0000	407.5095	407.6667	29.8122
1150	1150.0000	408.1671	408.3333	29.7663
1152	1152.0000	408.8462	409.0000	29.7209
1154	1154.0000	409.5134	409.6667	29.6758
1156	1156.0000	410.1749	410.3333	29.6311
1158	1158.0000	410.8449	411.0000	29.5862
1160	1160.0000	411.5034	411.6667	29.5412
1162	1162.0000	412.1734	412.3333	29.4959
1164	1164.0000	412.8311	413.0000	29.4507
1166	1166.0000	413.4861	413.6667	29.4057
1168	1168.0000	414.1638	414.3333	29.3611
1170	1170.0000	414.8228	415.0000	29.3169
1172	1172.0000	415.5003	415.6667	29.2728
1174	1174.0000	416.1534	416.3333	29.2290
1176	1176.0000	416.8143	417.0000	29.1854
1178	1178.0000	417.4856	417.6667	29.1420
1180	1180.0000	418.1411	418.3333	29.0990
1182	1182.0000	418.8032	419.0000	29.0559
1184	1184.0000	419.4745	419.6667	29.0130
1186	1186.0000	420.1449	420.3333	28.9701
1188	1188.0000	420.8037	421.0000	28.9273
1190	1190.0000	421.4750	421.6667	28.8846
1192	1192.0000	422.1378	422.3333	28.8421
1194	1194.0000	422.7952	423.0000	28.7998
1196	1196.0000	423.4519	423.6667	28.7574
1198	1198.0000	424.1155	424.3333	28.7156
1200	1200.0000	424.7873	425.0000	28.6741
1202	1202.0000	425.4573	425.6667	28.6331

1204	1204.0000	426.1147	426.3333	28.5921
1206	1206.0000	426.7728	427.0000	28.5513
1208	1208.0000	427.4500	427.6667	28.5107
1210	1210.0000	428.1028	428.3333	28.4704
1212	1212.0000	428.7653	429.0000	28.4301
1214	1214.0000	429.4234	429.6667	28.3900
1216	1216.0000	430.0958	430.3333	28.3500
1218	1218.0000	430.7626	431.0000	28.3100
1220	1220.0000	431.4298	431.6667	28.2700
1222	1222.0000	432.0803	432.3333	28.2303
1224	1224.0000	432.7660	433.0000	28.1912
1226	1226.0000	433.4262	433.6667	28.1525
1228	1228.0000	434.0927	434.3333	28.1145
1230	1230.0000	434.7476	435.0000	28.0763
1232	1232.0000	435.4117	435.6667	28.0382
1234	1234.0000	436.0805	436.3333	28.0002
1236	1236.0000	436.7509	437.0000	27.9623
1238	1238.0000	437.4026	437.6667	27.9248
1240	1240.0000	438.0660	438.3333	27.8874
1242	1242.0000	438.7314	439.0000	27.8502
1244	1244.0000	439.3973	439.6667	27.8130
1246	1246.0000	440.0660	440.3333	27.7758
1248	1248.0000	440.7372	441.0000	27.7386
1250	1250.0000	441.3823	441.6667	27.7015
1252	1252.0000	442.0530	442.3333	27.6649
1254	1254.0000	442.7072	443.0000	27.6287
1256	1256.0000	443.3667	443.6667	27.5931
1258	1258.0000	444.0218	444.3333	27.5574
1260	1260.0000	444.6995	445.0000	27.5220
1262	1262.0000	445.3498	445.6667	27.4870
1264	1264.0000	446.0224	446.3333	27.4526
1266	1266.0000	446.6826	447.0000	27.4185
1268	1268.0000	447.3466	447.6667	27.3847
1270	1270.0000	448.0165	448.3333	27.3514
1272	1272.0000	448.6766	449.0000	27.3180
1274	1274.0000	449.3530	449.6667	27.2847
1276	1276.0000	450.0182	450.3333	27.2515
1278	1278.0000	450.6714	451.0000	27.2182
1280	1280.0000	451.3478	451.6666	27.1848
1282	1282.0000	452.0092	452.3333	27.1515
1284	1284.0000	452.6654	453.0000	27.1182
1286	1286.0000	453.3347	453.6666	27.0849
1288	1288.0000	453.9917	454.3333	27.0520
1290	1290.0000	454.6557	455.0000	27.0193
1292	1292.0000	455.3406	455.6666	26.9872
1294	1294.0000	455.9878	456.3333	26.9551
1296	1296.0000	456.6524	457.0000	26.9231
1298	1298.0000	457.3074	457.6666	26.8913
1300	1300.0000	457.9668	458.3333	26.8595
1302	1302.0000	458.6387	459.0000	26.8280
1304	1304.0000	459.2951	459.6666	26.7969

1306	1306.0000	459.9657	460.3333	26.7662
1308	1308.0000	460.6342	461.0000	26.7354
1310	1310.0000	461.2898	461.6666	26.7050
1312	1312.0000	461.9518	462.3333	26.6746
1314	1314.0000	462.6172	463.0000	26.6444
1316	1316.0000	463.2848	463.6666	26.6145
1318	1318.0000	463.9488	464.3333	26.5849
1320	1320.0000	464.6143	465.0000	26.5554
1322	1322.0000	465.2833	465.6666	26.5256
1324	1324.0000	465.9364	466.3333	26.4848
1326	1326.0000	466.5520	467.0000	26.4438
1328	1328.0000	467.1460	467.6666	26.3025
1330	1330.0000	467.7358	468.3333	26.0491
1332	1332.0000	468.3472	469.0000	25.8811
1334	1334.0000	468.9659	469.6666	25.8401
1336	1336.0000	469.6064	470.3333	25.8401
1338	1338.0000	470.2332	471.0000	25.8372
1340	1340.0000	470.8777	471.6666	25.8360
1342	1342.0000	471.5440	472.3333	25.8341
1344	1344.0000	472.1794	473.0000	25.8292
1346	1346.0000	472.8449	473.6666	25.8193
1348	1348.0000	473.4998	474.3333	25.8090
1350	1350.0000	474.1476	475.0000	25.7957
1352	1352.0000	474.8124	475.6666	25.7815
1354	1354.0000	475.4816	476.3333	25.7656
1356	1356.0000	476.1455	477.0000	25.7487
1358	1358.0000	476.8227	477.6666	25.7310
1360	1360.0000	477.4911	478.3333	25.7117
1362	1362.0000	478.1637	479.0000	25.6926
1364	1364.0000	478.8374	479.6666	25.6726
1366	1366.0000	479.5026	480.3333	25.6526
1368	1368.0000	480.1785	481.0000	25.6319
1370	1370.0000	480.8542	481.6666	25.6108
1372	1372.0000	481.5269	482.3333	25.5893
1374	1374.0000	482.1992	483.0000	25.5680
1376	1376.0000	482.8698	483.6666	25.5465
1378	1378.0000	483.5358	484.3333	25.5248
1380	1380.0000	484.2096	485.0000	25.5028
1382	1382.0000	484.8853	485.6666	25.4802
1384	1384.0000	485.5561	486.3333	25.4577
1386	1386.0000	486.2351	487.0000	25.4350
1388	1388.0000	486.9004	487.6666	25.4125
1390	1390.0000	487.5660	488.3333	25.3901
1392	1392.0000	488.2496	489.0000	25.3680
1394	1394.0000	488.9183	489.6666	25.3461
1396	1396.0000	489.5881	490.3333	25.3244
1398	1398.0000	490.2540	491.0000	25.3026
1400	1400.0000	490.9175	491.6666	25.2807
1402	1402.0000	491.6057	492.3333	25.2590
1404	1404.0000	492.2644	493.0000	25.2378
1406	1406.0000	492.9402	493.6666	25.2166

1408	1408.0000	493.6017	494.3333	25.1955
1410	1410.0000	494.2729	495.0000	25.1743
1412	1412.0000	494.9428	495.6666	25.1531
1414	1414.0000	495.6070	496.3333	25.1317
1416	1416.0000	496.2860	497.0000	25.1105
1418	1418.0000	496.9545	497.6666	25.0896
1420	1420.0000	497.6265	498.3333	25.0689
1422	1422.0000	498.2931	499.0000	25.0487
1424	1424.0000	498.9494	499.6666	25.0287
1426	1426.0000	499.6227	500.3333	25.0090
1428	1428.0000	500.2918	501.0000	24.9894
1430	1430.0000	500.9566	501.6666	24.9699
1432	1432.0000	501.6220	502.3333	24.9506
1434	1434.0000	502.2932	503.0000	24.9313
1436	1436.0000	502.9670	503.6666	24.9121
1438	1438.0000	503.6264	504.3333	24.8930
1440	1440.0000	504.2995	505.0000	24.8740
1442	1442.0000	504.9746	505.6666	24.8549
1444	1444.0000	505.6316	506.3333	24.8357
1446	1446.0000	506.3063	507.0000	24.8168
1448	1448.0000	506.9741	507.6666	24.7980
1450	1450.0000	507.6420	508.3333	24.7796
1452	1452.0000	508.3158	509.0000	24.7611
1454	1454.0000	508.9824	509.6666	24.7426
1456	1456.0000	509.6511	510.3333	24.7244
1458	1458.0000	510.3217	511.0000	24.7066
1460	1460.0000	510.9821	511.6666	24.6890
1462	1462.0000	511.6554	512.3333	24.6714
1464	1464.0000	512.3188	513.0000	24.6537
1466	1466.0000	512.9966	513.6666	24.6359
1468	1468.0000	513.6547	514.3333	24.6179
1470	1470.0000	514.3170	515.0000	24.6001
1472	1472.0000	514.9810	515.6666	24.5831
1474	1474.0000	515.6534	516.3333	24.5664
1476	1476.0000	516.3110	517.0000	24.5500
1478	1478.0000	516.9869	517.6666	24.5335
1480	1480.0000	517.6629	518.3333	24.5170
1482	1482.0000	518.3195	519.0000	24.5007
1484	1484.0000	518.9886	519.6666	24.4846
1486	1486.0000	519.6521	520.3333	24.4688
1488	1488.0000	520.3142	521.0000	24.4526
1490	1490.0000	520.9885	521.6666	24.4363
1492	1492.0000	521.6517	522.3333	24.4202
1494	1494.0000	522.3167	523.0000	24.4044
1496	1496.0000	522.9742	523.6666	24.3887
1498	1498.0000	523.6498	524.3333	24.3732
1500	1500.0000	524.3211	525.0000	24.3577
1502	1502.0000	524.9796	525.6666	24.3420
1504	1504.0000	525.6261	526.3333	24.3265
1506	1506.0000	526.3018	527.0000	24.3114
1508	1508.0000	526.9705	527.6666	24.2966

1510	1510.0000	527.6389	528.3333	24.2817
1512	1512.0000	528.2921	529.0000	24.2669
1514	1514.0000	528.9634	529.6666	24.2523
1516	1516.0000	529.6389	530.3333	24.2380
1518	1518.0000	530.2972	531.0000	24.2237
1520	1520.0000	530.9668	531.6666	24.2094
1522	1522.0000	531.6334	532.3333	24.1952
1524	1524.0000	532.3099	533.0000	24.1808
1526	1526.0000	532.9766	533.6666	24.1666
1528	1528.0000	533.6313	534.3333	24.1526
1530	1530.0000	534.3001	534.9999	24.1388
1532	1532.0000	534.9597	535.6666	24.1250
1534	1534.0000	535.6354	536.3333	24.1115
1536	1536.0000	536.2967	536.9999	24.0983
1538	1538.0000	536.9596	537.6666	24.0853
1540	1540.0000	537.6279	538.3333	24.0725
1542	1542.0000	538.2946	538.9999	24.0592
1544	1544.0000	538.9619	539.6666	24.0459
1546	1546.0000	539.6221	540.3333	24.0329
1548	1548.0000	540.2868	540.9999	24.0202
1550	1550.0000	540.9495	541.6666	24.0076
1552	1552.0000	541.6180	542.3333	23.9950
1554	1554.0000	542.2783	542.9999	23.9826
1556	1556.0000	542.9428	543.6666	23.9704
1558	1558.0000	543.5984	544.3333	23.9588
1560	1560.0000	544.2748	544.9999	23.9473
1562	1562.0000	544.9329	545.6666	23.9361
1564	1564.0000	545.6053	546.3333	23.9248
1566	1566.0000	546.2676	546.9999	23.9133
1568	1568.0000	546.9382	547.6666	23.9018
1570	1570.0000	547.6138	548.3333	23.8903
1572	1572.0000	548.2726	548.9999	23.8788
1574	1574.0000	548.9330	549.6666	23.8676
1576	1576.0000	549.6003	550.3333	23.8565
1578	1578.0000	550.2728	550.9999	23.8454
1580	1580.0000	550.9312	551.6666	23.8341
1582	1582.0000	551.5930	552.3333	23.8226
1584	1584.0000	552.2552	552.9999	23.8111
1586	1586.0000	552.9165	553.6666	23.7998
1588	1588.0000	553.5876	554.3333	23.7889
1590	1590.0000	554.2450	554.9999	23.7781
1592	1592.0000	554.9176	555.6666	23.7675
1594	1594.0000	555.5817	556.3333	23.7567
1596	1596.0000	556.2451	556.9999	23.7459
1598	1598.0000	556.9058	557.6666	23.7351
1600	1600.0000	557.5745	558.3333	23.7246
1602	1602.0000	558.2412	558.9999	23.7144
1604	1604.0000	558.9189	559.6666	23.7041
1606	1606.0000	559.5640	560.3333	23.6936
1608	1608.0000	560.2404	560.9999	23.6828
1610	1610.0000	560.8970	561.6666	23.6716

1612	1612.0000	561.5621	562.3333	23.6602
1614	1614.0000	562.2267	562.9999	23.6493
1616	1616.0000	562.8998	563.6666	23.6385
1618	1618.0000	563.5536	564.3333	23.6278
1620	1620.0000	564.2314	564.9999	23.6174
1622	1622.0000	564.8875	565.6666	23.6071
1624	1624.0000	565.5446	566.3333	23.5970
1626	1626.0000	566.1982	566.9999	23.5869
1628	1628.0000	566.8623	567.6666	23.5768
1630	1630.0000	567.5353	568.3333	23.5665
1632	1632.0000	568.2028	568.9999	23.5561
1634	1634.0000	568.8709	569.6666	23.5456
1636	1636.0000	569.5304	570.3333	23.5355
1638	1638.0000	570.1873	570.9999	23.5256
1640	1640.0000	570.8526	571.6666	23.5159
1642	1642.0000	571.5051	572.3333	23.5063
1644	1644.0000	572.1751	572.9999	23.4968
1646	1646.0000	572.8485	573.6666	23.4873
1648	1648.0000	573.5092	574.3333	23.4778
1650	1650.0000	574.1721	574.9999	23.4685
1652	1652.0000	574.8301	575.6666	23.4592
1654	1654.0000	575.5040	576.3333	23.4499
1656	1656.0000	576.1669	576.9999	23.4408
1658	1658.0000	576.8279	577.6666	23.4318
1660	1660.0000	577.4990	578.3333	23.4229
1662	1662.0000	578.1696	578.9999	23.4140
1664	1664.0000	578.8284	579.6666	23.4052
1666	1666.0000	579.4871	580.3333	23.3965
1668	1668.0000	580.1565	580.9999	23.3879
1670	1670.0000	580.8185	581.6666	23.3793
1672	1672.0000	581.4740	582.3333	23.3706
1674	1674.0000	582.1466	582.9999	23.3618
1676	1676.0000	582.8151	583.6666	23.3529
1678	1678.0000	583.4848	584.3333	23.3441
1680	1680.0000	584.1513	584.9999	23.3351
1682	1682.0000	584.8018	585.6666	23.3260
1684	1684.0000	585.4796	586.3333	23.3172
1686	1686.0000	586.1300	586.9999	23.3086
1688	1688.0000	586.7923	587.6666	23.3005
1690	1690.0000	587.4401	588.3333	23.2923
1692	1692.0000	588.1044	588.9999	23.2843
1694	1694.0000	588.7640	589.6666	23.2767
1696	1696.0000	589.4214	590.3333	23.2692
1698	1698.0000	590.0835	590.9999	23.2615
1700	1700.0000	590.7444	591.6666	23.2537
1702	1702.0000	591.4008	592.3333	23.2457
1704	1704.0000	592.0715	592.9999	23.2376
1706	1706.0000	592.7177	593.6666	23.2296
1708	1708.0000	593.3933	594.3333	23.2216
1710	1710.0000	594.0522	594.9999	23.2137
1712	1712.0000	594.7236	595.6666	23.2059

1714	1714.0000	595.3823	596.3333	23.1983
1716	1716.0000	596.0456	596.9999	23.1909
1718	1718.0000	596.6927	597.6666	23.1836
1720	1720.0000	597.3659	598.3333	23.1765
1722	1722.0000	598.0272	598.9999	23.1694
1724	1724.0000	598.6937	599.6666	23.1623
1726	1726.0000	599.3655	600.3333	23.1553
1728	1728.0000	600.0323	600.9999	23.1481
1730	1730.0000	600.6840	601.6666	23.1407
1732	1732.0000	601.3610	602.3333	23.1331
1734	1734.0000	602.0207	602.9999	23.1255
1736	1736.0000	602.6743	603.6666	23.1179
1738	1738.0000	603.3434	604.3333	23.1106
1740	1740.0000	604.0029	604.9999	23.1035
1742	1742.0000	604.6605	605.6666	23.0971
1744	1744.0000	605.3168	606.3333	23.0905
1746	1746.0000	606.0015	606.9999	23.0841
1748	1748.0000	606.6592	607.6666	23.0775
1750	1750.0000	607.3188	608.3333	23.0707
1752	1752.0000	607.9815	608.9999	23.0639
1754	1754.0000	608.6474	609.6666	23.0570
1756	1756.0000	609.3182	610.3333	23.0501
1758	1758.0000	609.9761	610.9999	23.0431
1760	1760.0000	610.6363	611.6666	23.0363
1762	1762.0000	611.3036	612.3333	23.0296
1764	1764.0000	611.9606	612.9999	23.0230
1766	1766.0000	612.6332	613.6666	23.0164
1768	1768.0000	613.2914	614.3333	23.0096
1770	1770.0000	613.9522	614.9999	23.0026
1772	1772.0000	614.6091	615.6666	22.9962
1774	1774.0000	615.2628	616.3333	22.9897
1776	1776.0000	615.9337	616.9999	22.9831
1778	1778.0000	616.5840	617.6666	22.9763
1780	1780.0000	617.2457	618.3333	22.9694
1782	1782.0000	617.9145	618.9999	22.9625
1784	1784.0000	618.5725	619.6666	22.9560
1786	1786.0000	619.2430	620.3333	22.9498
1788	1788.0000	619.9019	620.9999	22.9436
1790	1790.0000	620.5575	621.6666	22.9374
1792	1792.0000	621.2243	622.3333	22.9309
1794	1794.0000	621.8899	622.9999	22.9247
1796	1796.0000	622.5447	623.6666	22.9186
1798	1798.0000	623.2076	624.3333	22.9128
1800	1800.0000	623.8710	624.9999	22.9071
1802	1802.0000	624.5317	625.6666	22.9013
1804	1804.0000	625.1907	626.3333	22.8954
1806	1806.0000	625.8509	626.9999	22.8898
1808	1808.0000	626.5081	627.6666	22.8842
1810	1810.0000	627.1882	628.3333	22.8788
1812	1812.0000	627.8445	628.9999	22.8731
1814	1814.0000	628.5073	629.6666	22.8671

1816	1816.0000	629.1532	630.3333	22.8612
1818	1818.0000	629.8304	630.9999	22.8554
1820	1820.0000	630.4780	631.6666	22.8497
1822	1822.0000	631.1304	632.3333	22.8442
1824	1824.0000	631.7925	632.9999	22.8388
1826	1826.0000	632.4636	633.6666	22.8336
1828	1828.0000	633.1124	634.3333	22.8285
1830	1830.0000	633.7732	634.9999	22.8233
1832	1832.0000	634.4380	635.6666	22.8179
1834	1834.0000	635.1152	636.3333	22.8127
1836	1836.0000	635.7670	636.9999	22.8073
1838	1838.0000	636.4329	637.6666	22.8013
1840	1840.0000	637.0892	638.3333	22.7950
1842	1842.0000	637.7604	638.9999	22.7891
1844	1844.0000	638.4211	639.6666	22.7835
1846	1846.0000	639.0694	640.3333	22.7783
1848	1848.0000	639.7349	640.9999	22.7731
1850	1850.0000	640.4081	641.6666	22.7677
1852	1852.0000	641.0714	642.3333	22.7622
1854	1854.0000	641.7258	642.9999	22.7567
1856	1856.0000	642.3865	643.6666	22.7515
1858	1858.0000	643.0505	644.3333	22.7466
1860	1860.0000	643.7068	644.9999	22.7417
1862	1862.0000	644.3751	645.6666	22.7368
1864	1864.0000	645.0339	646.3333	22.7320
1866	1866.0000	645.6879	646.9999	22.7273
1868	1868.0000	646.3538	647.6666	22.7226
1870	1870.0000	647.0197	648.3333	22.7178
1872	1872.0000	647.6787	648.9999	22.7128
1874	1874.0000	648.3364	649.6666	22.7077
1876	1876.0000	648.9835	650.3333	22.7029
1878	1878.0000	649.6562	650.9999	22.6982
1880	1880.0000	650.3169	651.6666	22.6935
1882	1882.0000	650.9717	652.3333	22.6892
1884	1884.0000	651.6476	652.9999	22.6846
1886	1886.0000	652.3115	653.6666	22.6801
1888	1888.0000	652.9606	654.3333	22.6755
1890	1890.0000	653.6299	654.9999	22.6707
1892	1892.0000	654.3003	655.6666	22.6658
1894	1894.0000	654.9683	656.3333	22.6609
1896	1896.0000	655.6252	656.9999	22.6560
1898	1898.0000	656.2894	657.6666	22.6510
1900	1900.0000	656.9443	658.3333	22.6460
1902	1902.0000	657.6090	658.9999	22.6411
1904	1904.0000	658.2861	659.6666	22.6362
1906	1906.0000	658.9327	660.3333	22.6312
1908	1908.0000	659.5889	660.9999	22.6262
1910	1910.0000	660.2512	661.6666	22.6213
1912	1912.0000	660.9074	662.3333	22.6165
1914	1914.0000	661.5618	662.9999	22.6118
1916	1916.0000	662.2260	663.6666	22.6073

1918	1918.0000	662.8790	664.3333	22.6031
1920	1920.0000	663.5406	664.9999	22.5990
1922	1922.0000	664.2106	665.6666	22.5947
1924	1924.0000	664.8655	666.3333	22.5903
1926	1926.0000	665.5347	666.9999	22.5858
1928	1928.0000	666.1997	667.6666	22.5814
1930	1930.0000	666.8582	668.3333	22.5773
1932	1932.0000	667.5170	668.9999	22.5732
1934	1934.0000	668.1883	669.6666	22.5691
1936	1936.0000	668.8465	670.3333	22.5650
1938	1938.0000	669.5074	670.9999	22.5610
1940	1940.0000	670.1625	671.6666	22.5570
1942	1942.0000	670.8241	672.3333	22.5532
1944	1944.0000	671.4796	672.9999	22.5510
1946	1946.0000	672.1439	673.6666	22.5502
1948	1948.0000	672.7994	674.3333	22.5506
1950	1950.0000	673.4708	674.9999	22.5500
1952	1952.0000	674.1393	675.6666	22.5485
1954	1954.0000	674.7975	676.3333	22.5449
1956	1956.0000	675.4714	676.9999	22.5417
1958	1958.0000	676.1232	677.6666	22.5381
1960	1960.0000	676.7816	678.3333	22.5346
1962	1962.0000	677.4453	678.9999	22.5313
1964	1964.0000	678.1062	679.6666	22.5280
1966	1966.0000	678.7795	680.3333	22.5247
1968	1968.0000	679.4371	680.9999	22.5215
1970	1970.0000	680.1051	681.6666	22.5182
1972	1972.0000	680.7603	682.3333	22.5145
1974	1974.0000	681.4239	682.9999	22.5107
1976	1976.0000	682.0745	683.6666	22.5063
1978	1978.0000	682.7458	684.3333	22.5023
1980	1980.0000	683.4152	684.9999	22.4985
1982	1982.0000	684.0768	685.6666	22.4949
1984	1984.0000	684.7387	686.3333	22.4914
1986	1986.0000	685.3937	686.9999	22.4876
1988	1988.0000	686.0586	687.6666	22.4837
1990	1990.0000	686.7220	688.3333	22.4794
1992	1992.0000	687.3796	688.9999	22.4751
1994	1994.0000	688.0400	689.6666	22.4707
1996	1996.0000	688.6902	690.3333	22.4669
1998	1998.0000	689.3653	690.9999	22.4634
2000	2000.0000	690.0248	691.6666	22.4600
2002	2002.0000	690.6926	692.3333	22.4565
2004	2004.0000	691.3562	692.9999	22.4531
2006	2006.0000	692.0244	693.6666	22.4498
2008	2008.0000	692.6755	694.3333	22.4466
2010	2010.0000	693.3369	694.9999	22.4434
2012	2012.0000	694.0048	695.6666	22.4402
2014	2014.0000	694.6657	696.3333	22.4372
2016	2016.0000	695.3239	696.9999	22.4344
2018	2018.0000	695.9777	697.6666	22.4316

2020	2020.0000	696.6435	698.3333	22.4288
2022	2022.0000	697.3135	698.9999	22.4260
2024	2024.0000	697.9752	699.6666	22.4231
2026	2026.0000	698.6465	700.3333	22.4203
2028	2028.0000	699.3045	700.9999	22.4175
2030	2030.0000	699.9547	701.6666	22.4143
2032	2032.0000	700.6168	702.3333	22.4110
2034	2034.0000	701.2750	702.9999	22.4077
2036	2036.0000	701.9443	703.6666	22.4047
2038	2038.0000	702.6135	704.3333	22.4020
2040	2040.0000	703.2704	704.9999	22.3990
2042	2042.0000	703.9294	705.6666	22.3960
2044	2044.0000	704.5934	706.3333	22.3926
2046	2046.0000	705.2589	706.9999	22.3892
2048	2048.0000	705.9091	707.6666	22.3857
2050	2050.0000	706.5690	708.3333	22.3822
2052	2052.0000	707.2336	708.9999	22.3788
2054	2054.0000	707.8861	709.6666	22.3753
2056	2056.0000	708.5463	710.3333	22.3716
2058	2058.0000	709.2168	710.9999	22.3679
2060	2060.0000	709.8812	711.6666	22.3648
2062	2062.0000	710.5385	712.3333	22.3619
2064	2064.0000	711.1955	712.9999	22.3589
2066	2066.0000	711.8609	713.6666	22.3561
2068	2068.0000	712.5179	714.3333	22.3532
2070	2070.0000	713.1780	714.9999	22.3503
2072	2072.0000	713.8433	715.6666	22.3475
2074	2074.0000	714.5041	716.3333	22.3446
2076	2076.0000	715.1602	716.9999	22.3415
2078	2078.0000	715.8380	717.6666	22.3384
2080	2080.0000	716.4974	718.3333	22.3352
2082	2082.0000	717.1608	718.9999	22.3319
2084	2084.0000	717.8192	719.6666	22.3288
2086	2086.0000	718.4872	720.3333	22.3257
2088	2088.0000	719.1578	720.9999	22.3226
2090	2090.0000	719.8198	721.6666	22.3197
2092	2092.0000	720.4832	722.3333	22.3170
2094	2094.0000	721.1400	722.9999	22.3141
2096	2096.0000	721.7994	723.6666	22.3113
2098	2098.0000	722.4733	724.3333	22.3081
2100	2100.0000	723.1432	724.9999	22.3048
2102	2102.0000	723.8123	725.6666	22.3013
2104	2104.0000	724.4719	726.3333	22.2978
2106	2106.0000	725.1380	726.9999	22.2945
2108	2108.0000	725.8030	727.6666	22.2915
2110	2110.0000	726.4652	728.3333	22.2884
2112	2112.0000	727.1274	728.9999	22.2850
2114	2114.0000	727.8005	729.6666	22.2814
2116	2116.0000	728.4729	730.3333	22.2776
2118	2118.0000	729.1293	730.9999	22.2742
2120	2120.0000	729.7973	731.6666	22.2712

2122	2122.0000	730.4633	732.3333	22.2681
2124	2124.0000	731.1331	732.9999	22.2649
2126	2126.0000	731.7861	733.6666	22.2616
2128	2128.0000	732.4463	734.3333	22.2581
2130	2130.0000	733.1221	734.9999	22.2544
2132	2132.0000	733.7809	735.6666	22.2506
2134	2134.0000	734.4514	736.3333	22.2468
2136	2136.0000	735.1013	736.9999	22.2430
2138	2138.0000	735.7715	737.6666	22.2393
2140	2140.0000	736.4392	738.3333	22.2355
2142	2142.0000	737.0990	738.9999	22.2317
2144	2144.0000	737.7636	739.6666	22.2279
2146	2146.0000	738.4294	740.3333	22.2242
2148	2148.0000	739.0863	740.9999	22.2206
2150	2150.0000	739.7485	741.6666	22.2169
2152	2152.0000	740.4094	742.3333	22.2132
2154	2154.0000	741.0825	742.9999	22.2095
2156	2156.0000	741.7394	743.6666	22.2055
2158	2158.0000	742.4014	744.3333	22.2015
2160	2160.0000	743.0807	744.9999	22.1976
2162	2162.0000	743.7392	745.6666	22.1937
2164	2164.0000	744.3963	746.3333	22.1902
2166	2166.0000	745.0578	746.9999	22.1868
2168	2168.0000	745.7161	747.6666	22.1837
2170	2170.0000	746.3874	748.3333	22.1807
2172	2172.0000	747.0430	748.9999	22.1774
2174	2174.0000	747.7009	749.6666	22.1741
2176	2176.0000	748.3611	750.3333	22.1708
2178	2178.0000	749.0226	750.9999	22.1674
2180	2180.0000	749.6959	751.6666	22.1639
2182	2182.0000	750.3515	752.3333	22.1601
2184	2184.0000	751.0182	752.9999	22.1564
2186	2186.0000	751.6895	753.6666	22.1530
2188	2188.0000	752.3450	754.3333	22.1499
2190	2190.0000	753.0135	754.9999	22.1470
2192	2192.0000	753.6647	755.6666	22.1444
2194	2194.0000	754.3236	756.3333	22.1415
2196	2196.0000	754.9897	756.9999	22.1385
2198	2198.0000	755.6591	757.6666	22.1353
2200	2200.0000	756.3080	758.3333	22.1320
2202	2202.0000	756.9807	758.9999	22.1289
2204	2204.0000	757.6481	759.6666	22.1258
2206	2206.0000	758.3251	760.3333	22.1228
2208	2208.0000	758.9762	760.9999	22.1197
2210	2210.0000	759.6358	761.6666	22.1167
2212	2212.0000	760.2867	762.3333	22.1137
2214	2214.0000	760.9770	762.9999	22.1106
2216	2216.0000	761.6345	763.6666	22.1073
2218	2218.0000	762.3022	764.3333	22.1038
2220	2220.0000	762.9644	764.9999	22.1002
2222	2222.0000	763.6264	765.6666	22.0966

2224	2224.0000	764.2845	766.3333	22.0933
2226	2226.0000	764.9570	766.9999	22.0902
2228	2228.0000	765.6088	767.6666	22.0874
2230	2230.0000	766.2947	768.3333	22.0843
2232	2232.0000	766.9446	768.9999	22.0810
2234	2234.0000	767.6183	769.6666	22.0777
2236	2236.0000	768.2640	770.3333	22.0745
2238	2238.0000	768.9377	770.9999	22.0713
2240	2240.0000	769.5986	771.6666	22.0683
2242	2242.0000	770.2545	772.3333	22.0655
2244	2244.0000	770.9369	772.9999	22.0627
2246	2246.0000	771.5836	773.6666	22.0596
2248	2248.0000	772.2418	774.3333	22.0565
2250	2250.0000	772.9091	774.9999	22.0533
2252	2252.0000	773.5705	775.6666	22.0499
2254	2254.0000	774.2271	776.3333	22.0462
2256	2256.0000	774.8942	776.9999	22.0425
2258	2258.0000	775.5565	777.6666	22.0388
2260	2260.0000	776.2310	778.3333	22.0353
2262	2262.0000	776.8853	778.9999	22.0317
2264	2264.0000	777.5422	779.6666	22.0284
2266	2266.0000	778.2115	780.3333	22.0251
2268	2268.0000	778.8703	780.9999	22.0222
2270	2270.0000	779.5215	781.6666	22.0193
2272	2272.0000	780.2128	782.3333	22.0164
2274	2274.0000	780.8610	782.9999	22.0134
2276	2276.0000	781.5288	783.6666	22.0105
2278	2278.0000	782.1831	784.3333	22.0077
2280	2280.0000	782.8447	784.9999	22.0050
2282	2282.0000	783.4965	785.6666	22.0021
2284	2284.0000	784.1617	786.3333	21.9989
2286	2286.0000	784.8354	786.9999	21.9957
2288	2288.0000	785.4937	787.6666	21.9925
2290	2290.0000	786.1480	788.3333	21.9893
2292	2292.0000	786.8242	788.9999	21.9858
2294	2294.0000	787.4683	789.6666	21.9823
2296	2296.0000	788.1422	790.3333	21.9785
2298	2298.0000	788.7881	790.9999	21.9749
2300	2300.0000	789.4678	791.6666	21.9718
2302	2302.0000	790.1318	792.3333	21.9686
2304	2304.0000	790.7751	792.9999	21.9653
2306	2306.0000	791.4561	793.6666	21.9615
2308	2308.0000	792.0986	794.3333	21.9576
2310	2310.0000	792.7810	794.9999	21.9542
2312	2312.0000	793.4511	795.6666	21.9511
2314	2314.0000	794.1121	796.3333	21.9484
2316	2316.0000	794.7351	796.9999	21.9452
2318	2318.0000	795.4102	797.6666	21.9416
2320	2320.0000	796.0633	798.3333	21.9382
2322	2322.0000	796.7593	798.9999	21.9348
2324	2324.0000	797.4137	799.6666	21.9315

2326	2326.0000	798.0866	800.3333	21.9281
2328	2328.0000	798.7347	800.9999	21.9247
2330	2330.0000	799.3812	801.6666	21.9214
2332	2332.0000	800.0594	802.3333	21.9181
2334	2334.0000	800.7222	802.9999	21.9148
2336	2336.0000	801.4044	803.6666	21.9116
2338	2338.0000	802.0457	804.3333	21.9083
2340	2340.0000	802.7239	804.9999	21.9049
2342	2342.0000	803.3882	805.6666	21.9014
2344	2344.0000	804.0295	806.3333	21.8974
2346	2346.0000	804.7197	806.9999	21.8936
2348	2348.0000	805.3755	807.6666	21.8901
2350	2350.0000	806.0426	808.3333	21.8870
2352	2352.0000	806.6938	808.9999	21.8837
2354	2354.0000	807.3597	809.6666	21.8806
2356	2356.0000	808.0372	810.3333	21.8772
2358	2358.0000	808.6632	810.9999	21.8737
2360	2360.0000	809.3453	811.6666	21.8702
2362	2362.0000	810.0049	812.3333	21.8668
2364	2364.0000	810.6575	812.9999	21.8633
2366	2366.0000	811.3299	813.6666	21.8599
2368	2368.0000	811.9944	814.3333	21.8564
2370	2370.0000	812.6516	814.9999	21.8527
2372	2372.0000	813.3253	815.6666	21.8492
2374	2374.0000	813.9783	816.3333	21.8457
2376	2376.0000	814.6274	816.9999	21.8423
2378	2378.0000	815.2761	817.6666	21.8389
2380	2380.0000	815.9634	818.3333	21.8354
2382	2382.0000	816.6256	818.9999	21.8318
2384	2384.0000	817.2811	819.6666	21.8280
2386	2386.0000	817.9527	820.3333	21.8240
2388	2388.0000	818.6077	820.9999	21.8201
2390	2390.0000	819.2835	821.6666	21.8163
2392	2392.0000	819.9359	822.3333	21.8126
2394	2394.0000	820.6461	822.9999	21.8090
2396	2396.0000	821.2672	823.6666	21.8055
2398	2398.0000	821.9468	824.3333	21.8018
2400	2400.0000	822.6063	824.9999	21.7979
2402	2402.0000	823.2820	825.6666	21.7939
2404	2404.0000	823.9113	826.3333	21.7899
2406	2406.0000	824.5851	826.9999	21.7860
2408	2408.0000	825.2354	827.6666	21.7823
2410	2410.0000	825.9190	828.3333	21.7788
2412	2412.0000	826.5918	828.9999	21.7754
2414	2414.0000	827.2401	829.6666	21.7718
2416	2416.0000	827.8945	830.3333	21.7678
2418	2418.0000	828.5599	830.9999	21.7638
2420	2420.0000	829.2397	831.6666	21.7599
2422	2422.0000	829.8693	832.3333	21.7560
2424	2424.0000	830.5351	832.9999	21.7521
2426	2426.0000	831.1990	833.6666	21.7484

2428	2428.0000	831.8958	834.3333	21.7448
2430	2430.0000	832.5388	834.9999	21.7412
2432	2432.0000	833.2024	835.6666	21.7373
2434	2434.0000	833.8624	836.3333	21.7330
2436	2436.0000	834.4936	836.9999	21.7288
2438	2438.0000	835.1694	837.6666	21.7247
2440	2440.0000	835.8319	838.3333	21.7212
2442	2442.0000	836.4960	838.9999	21.7176
2444	2444.0000	837.1693	839.6666	21.7141
2446	2446.0000	837.8265	840.3333	21.7106
2448	2448.0000	838.5141	840.9999	21.7069
2450	2450.0000	839.1846	841.6666	21.7032
2452	2452.0000	839.8208	842.3333	21.6993
2454	2454.0000	840.5254	842.9999	21.6951
2456	2456.0000	841.1679	843.6666	21.6909
2458	2458.0000	841.8085	844.3333	21.6865
2460	2460.0000	842.4788	844.9999	21.6821
2462	2462.0000	843.1592	845.6666	21.6780
2464	2464.0000	843.8192	846.3333	21.6738
2466	2466.0000	844.4658	846.9999	21.6698
2468	2468.0000	845.1442	847.6666	21.6658
2470	2470.0000	845.8088	848.3333	21.6620
2472	2472.0000	846.4718	848.9999	21.6580
2474	2474.0000	847.1375	849.6666	21.6540
2476	2476.0000	847.8156	850.3333	21.6498
2478	2478.0000	848.4791	850.9999	21.6456
2480	2480.0000	849.1280	851.6666	21.6409
2482	2482.0000	849.8063	852.3333	21.6363
2484	2484.0000	850.4601	852.9999	21.6316
2486	2486.0000	851.1272	853.6666	21.6271
2488	2488.0000	851.8089	854.3333	21.6233
2490	2490.0000	852.4708	854.9999	21.6196
2492	2492.0000	853.1245	855.6666	21.6158
2494	2494.0000	853.7780	856.3333	21.6119
2496	2496.0000	854.4584	856.9999	21.6077
2498	2498.0000	855.1264	857.6666	21.6030
2500	2500.0000	855.7748	858.3333	21.5985
2502	2502.0000	856.4443	858.9999	21.5941
2504	2504.0000	857.1077	859.6666	21.5899
2506	2506.0000	857.7664	860.3333	21.5860
2508	2508.0000	858.4311	860.9999	21.5820
2510	2510.0000	859.0964	861.6666	21.5780
2512	2512.0000	859.7678	862.3333	21.5740
2514	2514.0000	860.4403	862.9999	21.5698
2516	2516.0000	861.0992	863.6666	21.5657
2518	2518.0000	861.7518	864.3333	21.5614
2520	2520.0000	862.4191	864.9999	21.5570
2522	2522.0000	863.0901	865.6666	21.5527
2524	2524.0000	863.7536	866.3333	21.5484
2526	2526.0000	864.4146	866.9999	21.5440
2528	2528.0000	865.0883	867.6666	21.5394

2530	2530.0000	865.7362	868.3333	21.5345
2532	2532.0000	866.3959	868.9999	21.5301
2534	2534.0000	867.0859	869.6666	21.5261
2536	2536.0000	867.7402	870.3333	21.5220
2538	2538.0000	868.4186	870.9999	21.5180
2540	2540.0000	869.0774	871.6666	21.5139
2542	2542.0000	869.7407	872.3333	21.5095
2544	2544.0000	870.3984	872.9999	21.5051
2546	2546.0000	871.0659	873.6666	21.5008
2548	2548.0000	871.7345	874.3333	21.4966
2550	2550.0000	872.4140	874.9999	21.4925
2552	2552.0000	873.0665	875.6666	21.4887
2554	2554.0000	873.7345	876.3333	21.4851
2556	2556.0000	874.4133	876.9999	21.4819
2558	2558.0000	875.0770	877.6666	21.4785
2560	2560.0000	875.7300	878.3333	21.4748
2562	2562.0000	876.4083	878.9999	21.4712
2564	2564.0000	877.0696	879.6666	21.4677
2566	2566.0000	877.7287	880.3333	21.4641
2568	2568.0000	878.3907	880.9999	21.4601
2570	2570.0000	879.0771	881.6666	21.4556
2572	2572.0000	879.7522	882.3333	21.4511
2574	2574.0000	880.4093	882.9999	21.4466
2576	2576.0000	881.0719	883.6666	21.4423
2578	2578.0000	881.7426	884.3333	21.4379
2580	2580.0000	882.4124	884.9999	21.4333
2582	2582.0000	883.0635	885.6666	21.4289
2584	2584.0000	883.7326	886.3333	21.4243
2586	2586.0000	884.4031	886.9999	21.4201
2588	2588.0000	885.0729	887.6666	21.4163
2590	2590.0000	885.7278	888.3333	21.4121
2592	2592.0000	886.4009	888.9999	21.4077
2594	2594.0000	887.0756	889.6666	21.4031
2596	2596.0000	887.7380	890.3333	21.3983
2598	2598.0000	888.4089	890.9999	21.3938
2600	2600.0000	889.0703	891.6666	21.3894
2602	2602.0000	889.7365	892.3333	21.3850
2604	2604.0000	890.4050	892.9999	21.3804
2606	2606.0000	891.0697	893.6666	21.3760
2608	2608.0000	891.7331	894.3333	21.3717
2610	2610.0000	892.4044	894.9999	21.3675
2612	2612.0000	893.0775	895.6666	21.3633
2614	2614.0000	893.7389	896.3333	21.3590
2616	2616.0000	894.4022	896.9999	21.3545
2618	2618.0000	895.0752	897.6666	21.3500
2620	2620.0000	895.7263	898.3333	21.3456
2622	2622.0000	896.4093	898.9999	21.3419
2624	2624.0000	897.0624	899.6666	21.3390

Results:

Step -70.1608 %

-4.5684 mg

Residue 28.7247 %
1.8703 mg

Step -2.2629 %
-0.1473 mg

Residue 25.6995 %
1.6734 mg

Texts:

!MK-100_tga

MK-100_tga, 6.5113 mg

Sample:

MK-100_tga, 6.5113 mg

Sample Remarks:

Evaluation:

Method:

25-900 20c/dk

Calibration:

From 0.00 to 43.74 min

Tau Lag : $113.3494 + -0.1377 \cdot T + 37.9501 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$ s

Gas Factor : 1.0500

Sensor RTypSDTA

Tc : 25.00 -C

dT : $2.2300 + 7.6200 \cdot 10^{-3} \cdot T + 6.7200 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$ -C

Tau Lag: $-0.9975 + 19.7505 \cdot 10^{-3} \cdot T + -4.1580 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$ s

Sensor UMT5

Pan:

Alumina 70ul

Weight : 0.0000

Material: Aluminiumoxid

Curve Name:

¥!MK-100_tga

Curve Values:

Index	Time [s]	Sample Temp [-C]	Ref. Temp [-C]	Value [%s ⁻¹]
0	0.0000	27.4947	25.0000	0.0022
2	2.0000	28.1151	25.6667	0.0022
4	4.0000	28.7661	26.3333	0.0022
6	6.0000	29.4302	27.0000	0.0022
8	8.0000	30.1075	27.6667	0.0022
10	10.0000	30.7585	28.3333	0.0022
12	12.0000	31.3917	29.0000	0.0022
14	14.0000	32.0139	29.6667	0.0022
16	16.0000	32.6426	30.3333	0.0022
18	18.0000	33.2676	31.0000	0.0022
20	20.0000	33.9145	31.6667	0.0022

22	22.0000	34.5318	32.3333	0.0022
24	24.0000	35.1719	33.0000	0.0022
26	26.0000	35.8064	33.6667	0.0020
28	28.0000	36.4505	34.3333	0.0015
30	30.0000	37.0910	35.0000	0.0009
32	32.0000	37.7121	35.6667	0.0003
34	34.0000	38.3544	36.3333	-0.0002
36	36.0000	38.9786	37.0000	-0.0005
38	38.0000	39.6093	37.6667	-0.0006
40	40.0000	40.2428	38.3333	-0.0006
42	42.0000	40.8744	39.0000	-0.0005
44	44.0000	41.5078	39.6667	-0.0004
46	46.0000	42.1358	40.3333	-0.0003
48	48.0000	42.7835	41.0000	-0.0002
50	50.0000	43.4351	41.6667	-0.0002
52	52.0000	44.0778	42.3333	-0.0001
54	54.0000	44.7002	43.0000	-0.0001
56	56.0000	45.3503	43.6667	-0.0001
58	58.0000	45.9903	44.3333	-0.0001
60	60.0000	46.6274	45.0000	-0.0002
62	62.0000	47.2811	45.6667	-0.0003
64	64.0000	47.9482	46.3333	-0.0004
66	66.0000	48.5668	47.0000	-0.0005
68	68.0000	49.2278	47.6667	-0.0007
70	70.0000	49.8700	48.3333	-0.0008
72	72.0000	50.5250	49.0000	-0.0009
74	74.0000	51.1859	49.6667	-0.0011
76	76.0000	51.8048	50.3333	-0.0012
78	78.0000	52.4728	51.0000	-0.0014
80	80.0000	53.1275	51.6667	-0.0015
82	82.0000	53.7709	52.3333	-0.0017
84	84.0000	54.4133	53.0000	-0.0019
86	86.0000	55.0674	53.6667	-0.0021
88	88.0000	55.7258	54.3333	-0.0022
90	90.0000	56.3718	55.0000	-0.0024
92	92.0000	57.0148	55.6667	-0.0026
94	94.0000	57.6749	56.3333	-0.0028
96	96.0000	58.3233	57.0000	-0.0030
98	98.0000	58.9671	57.6667	-0.0031
100	100.0000	59.6188	58.3333	-0.0033
102	102.0000	60.2817	59.0000	-0.0035
104	104.0000	60.9339	59.6667	-0.0036
106	106.0000	61.5797	60.3333	-0.0038
108	108.0000	62.2241	61.0000	-0.0039
110	110.0000	62.8836	61.6667	-0.0041
112	112.0000	63.5386	62.3333	-0.0042
114	114.0000	64.1916	63.0000	-0.0044
116	116.0000	64.8599	63.6667	-0.0045
118	118.0000	65.5216	64.3333	-0.0047
120	120.0000	66.1634	65.0000	-0.0049
122	122.0000	66.8219	65.6667	-0.0050

124	124.0000	67.5029	66.3333	-0.0052
126	126.0000	68.1494	67.0000	-0.0054
128	128.0000	68.7991	67.6667	-0.0056
130	130.0000	69.4735	68.3333	-0.0057
132	132.0000	70.1341	69.0000	-0.0059
134	134.0000	70.7806	69.6667	-0.0061
136	136.0000	71.4298	70.3333	-0.0063
138	138.0000	72.0917	71.0000	-0.0064
140	140.0000	72.7656	71.6667	-0.0066
142	142.0000	73.4078	72.3333	-0.0068
144	144.0000	74.0676	73.0000	-0.0070
146	146.0000	74.7056	73.6667	-0.0071
148	148.0000	75.3831	74.3333	-0.0073
150	150.0000	76.0297	75.0000	-0.0074
152	152.0000	76.6983	75.6667	-0.0076
154	154.0000	77.3567	76.3333	-0.0077
156	156.0000	78.0093	77.0000	-0.0078
158	158.0000	78.6779	77.6667	-0.0079
160	160.0000	79.3414	78.3333	-0.0080
162	162.0000	80.0116	79.0000	-0.0081
164	164.0000	80.6509	79.6667	-0.0082
166	166.0000	81.3301	80.3333	-0.0082
168	168.0000	81.9699	81.0000	-0.0083
170	170.0000	82.6356	81.6667	-0.0083
172	172.0000	83.2811	82.3333	-0.0084
174	174.0000	83.9249	83.0000	-0.0084
176	176.0000	84.5944	83.6667	-0.0084
178	178.0000	85.2599	84.3333	-0.0084
180	180.0000	85.9186	85.0000	-0.0084
182	182.0000	86.5872	85.6667	-0.0083
184	184.0000	87.2316	86.3333	-0.0083
186	186.0000	87.9043	87.0000	-0.0083
188	188.0000	88.5533	87.6667	-0.0082
190	190.0000	89.2146	88.3333	-0.0082
192	192.0000	89.8916	89.0000	-0.0081
194	194.0000	90.5417	89.6667	-0.0080
196	196.0000	91.1989	90.3333	-0.0080
198	198.0000	91.8753	91.0000	-0.0079
200	200.0000	92.5238	91.6667	-0.0078
202	202.0000	93.2061	92.3333	-0.0077
204	204.0000	93.8559	93.0000	-0.0076
206	206.0000	94.4966	93.6667	-0.0075
208	208.0000	95.1811	94.3333	-0.0074
210	210.0000	95.8358	95.0000	-0.0073
212	212.0000	96.5273	95.6667	-0.0072
214	214.0000	97.1658	96.3333	-0.0071
216	216.0000	97.7990	97.0000	-0.0069
218	218.0000	98.5153	97.6667	-0.0068
220	220.0000	99.1464	98.3333	-0.0066
222	222.0000	99.8044	99.0000	-0.0065
224	224.0000	100.5317	99.6667	-0.0063

226	226.0000	101.1604	100.3333	-0.0062
228	228.0000	101.7917	101.0000	-0.0060
230	230.0000	102.4771	101.6667	-0.0059
232	232.0000	103.1397	102.3333	-0.0057
234	234.0000	103.7999	103.0000	-0.0056
236	236.0000	104.4583	103.6667	-0.0055
238	238.0000	105.1209	104.3333	-0.0053
240	240.0000	105.7974	105.0000	-0.0052
242	242.0000	106.4739	105.6667	-0.0051
244	244.0000	107.1554	106.3333	-0.0049
246	246.0000	107.7986	107.0000	-0.0048
248	248.0000	108.4543	107.6667	-0.0046
250	250.0000	109.1430	108.3333	-0.0045
252	252.0000	109.8017	109.0000	-0.0043
254	254.0000	110.4604	109.6667	-0.0042
256	256.0000	111.1177	110.3333	-0.0040
258	258.0000	111.7921	111.0000	-0.0039
260	260.0000	112.4628	111.6667	-0.0037
262	262.0000	113.1369	112.3333	-0.0036
264	264.0000	113.7839	113.0000	-0.0035
266	266.0000	114.4461	113.6667	-0.0033
268	268.0000	115.1249	114.3333	-0.0032
270	270.0000	115.8119	115.0000	-0.0031
272	272.0000	116.4615	115.6667	-0.0029
274	274.0000	117.1341	116.3333	-0.0028
276	276.0000	117.8065	117.0000	-0.0027
278	278.0000	118.4771	117.6667	-0.0025
280	280.0000	119.1366	118.3333	-0.0024
282	282.0000	119.7896	119.0000	-0.0023
284	284.0000	120.4673	119.6667	-0.0022
286	286.0000	121.1228	120.3333	-0.0021
288	288.0000	121.7891	121.0000	-0.0020
290	290.0000	122.4493	121.6667	-0.0019
292	292.0000	123.1197	122.3333	-0.0019
294	294.0000	123.7890	123.0000	-0.0018
296	296.0000	124.4562	123.6667	-0.0017
298	298.0000	125.1465	124.3333	-0.0017
300	300.0000	125.8085	125.0000	-0.0016
302	302.0000	126.4699	125.6667	-0.0016
304	304.0000	127.1529	126.3333	-0.0015
306	306.0000	127.8158	127.0000	-0.0015
308	308.0000	128.4721	127.6667	-0.0015
310	310.0000	129.1465	128.3333	-0.0014
312	312.0000	129.8032	129.0000	-0.0014
314	314.0000	130.4741	129.6667	-0.0013
316	316.0000	131.1292	130.3333	-0.0013
318	318.0000	131.7934	131.0000	-0.0013
320	320.0000	132.4673	131.6667	-0.0012
322	322.0000	133.1347	132.3333	-0.0012
324	324.0000	133.8046	133.0000	-0.0011
326	326.0000	134.4732	133.6667	-0.0011

328	328.0000	135.1368	134.3333	-0.0011
330	330.0000	135.8035	135.0000	-0.0011
332	332.0000	136.4689	135.6667	-0.0011
334	334.0000	137.1324	136.3333	-0.0011
336	336.0000	137.8001	137.0000	-0.0011
338	338.0000	138.4583	137.6667	-0.0011
340	340.0000	139.1465	138.3333	-0.0011
342	342.0000	139.8004	139.0000	-0.0012
344	344.0000	140.4631	139.6667	-0.0013
346	346.0000	141.1263	140.3333	-0.0014
348	348.0000	141.7824	141.0000	-0.0015
350	350.0000	142.4608	141.6667	-0.0016
352	352.0000	143.1282	142.3333	-0.0017
354	354.0000	143.7832	143.0000	-0.0019
356	356.0000	144.4563	143.6667	-0.0021
358	358.0000	145.1335	144.3333	-0.0022
360	360.0000	145.7851	145.0000	-0.0024
362	362.0000	146.4546	145.6667	-0.0025
364	364.0000	147.1381	146.3333	-0.0026
366	366.0000	147.8041	147.0000	-0.0028
368	368.0000	148.4740	147.6667	-0.0029
370	370.0000	149.1304	148.3333	-0.0030
372	372.0000	149.7989	149.0000	-0.0032
374	374.0000	150.4681	149.6667	-0.0034
376	376.0000	151.1315	150.3333	-0.0035
378	378.0000	151.7910	151.0000	-0.0037
380	380.0000	152.4600	151.6667	-0.0040
382	382.0000	153.1223	152.3333	-0.0042
384	384.0000	153.7754	153.0000	-0.0044
386	386.0000	154.4434	153.6667	-0.0046
388	388.0000	155.1075	154.3333	-0.0047
390	390.0000	155.7677	155.0000	-0.0049
392	392.0000	156.4356	155.6667	-0.0050
394	394.0000	157.0882	156.3333	-0.0052
396	396.0000	157.7510	157.0000	-0.0053
398	398.0000	158.4155	157.6667	-0.0055
400	400.0000	159.0867	158.3333	-0.0056
402	402.0000	159.7415	159.0000	-0.0057
404	404.0000	160.4062	159.6667	-0.0058
406	406.0000	161.0692	160.3333	-0.0059
408	408.0000	161.7288	161.0000	-0.0060
410	410.0000	162.3770	161.6667	-0.0060
412	412.0000	163.0434	162.3333	-0.0060
414	414.0000	163.7039	163.0000	-0.0060
416	416.0000	164.3798	163.6667	-0.0059
418	418.0000	165.0346	164.3333	-0.0059
420	420.0000	165.6877	165.0000	-0.0058
422	422.0000	166.3595	165.6667	-0.0058
424	424.0000	167.0222	166.3333	-0.0057
426	426.0000	167.6752	167.0000	-0.0057
428	428.0000	168.3374	167.6667	-0.0056

430	430.0000	169.0009	168.3333	-0.0056
432	432.0000	169.6578	169.0000	-0.0056
434	434.0000	170.3230	169.6667	-0.0056
436	436.0000	170.9792	170.3333	-0.0056
438	438.0000	171.6440	171.0000	-0.0056
440	440.0000	172.3133	171.6667	-0.0056
442	442.0000	172.9873	172.3333	-0.0056
444	444.0000	173.6571	173.0000	-0.0056
446	446.0000	174.3174	173.6667	-0.0057
448	448.0000	174.9879	174.3333	-0.0058
450	450.0000	175.6400	175.0000	-0.0059
452	452.0000	176.3126	175.6667	-0.0060
454	454.0000	176.9839	176.3333	-0.0061
456	456.0000	177.6395	177.0000	-0.0062
458	458.0000	178.3138	177.6667	-0.0063
460	460.0000	178.9752	178.3333	-0.0064
462	462.0000	179.6355	179.0000	-0.0066
464	464.0000	180.3107	179.6667	-0.0067
466	466.0000	180.9718	180.3333	-0.0069
468	468.0000	181.6327	181.0000	-0.0070
470	470.0000	182.2935	181.6667	-0.0072
472	472.0000	182.9693	182.3333	-0.0074
474	474.0000	183.6267	183.0000	-0.0075
476	476.0000	184.3000	183.6667	-0.0077
478	478.0000	184.9669	184.3333	-0.0078
480	480.0000	185.6413	185.0000	-0.0080
482	482.0000	186.3034	185.6667	-0.0082
484	484.0000	186.9739	186.3333	-0.0084
486	486.0000	187.6328	187.0000	-0.0086
488	488.0000	188.3051	187.6667	-0.0088
490	490.0000	188.9758	188.3333	-0.0090
492	492.0000	189.6216	189.0000	-0.0092
494	494.0000	190.2914	189.6667	-0.0095
496	496.0000	190.9582	190.3333	-0.0097
498	498.0000	191.6254	191.0000	-0.0100
500	500.0000	192.2778	191.6667	-0.0103
502	502.0000	192.9537	192.3333	-0.0105
504	504.0000	193.6145	193.0000	-0.0108
506	506.0000	194.2809	193.6667	-0.0111
508	508.0000	194.9524	194.3333	-0.0114
510	510.0000	195.6203	195.0000	-0.0117
512	512.0000	196.2785	195.6667	-0.0120
514	514.0000	196.9328	196.3333	-0.0123
516	516.0000	197.5903	197.0000	-0.0126
518	518.0000	198.2694	197.6667	-0.0129
520	520.0000	198.9316	198.3333	-0.0132
522	522.0000	199.6140	199.0000	-0.0135
524	524.0000	200.2766	199.6667	-0.0139
526	526.0000	200.9269	200.3333	-0.0142
528	528.0000	201.5811	201.0000	-0.0146
530	530.0000	202.2550	201.6667	-0.0149

532	532.0000	202.9120	202.3333	-0.0153
534	534.0000	203.5885	203.0000	-0.0157
536	536.0000	204.2441	203.6667	-0.0161
538	538.0000	204.9166	204.3333	-0.0166
540	540.0000	205.5838	205.0000	-0.0171
542	542.0000	206.2414	205.6667	-0.0175
544	544.0000	206.8996	206.3333	-0.0180
546	546.0000	207.5760	207.0000	-0.0186
548	548.0000	208.2394	207.6667	-0.0191
550	550.0000	208.8932	208.3333	-0.0197
552	552.0000	209.5586	209.0000	-0.0202
554	554.0000	210.2072	209.6667	-0.0208
556	556.0000	210.8790	210.3333	-0.0214
558	558.0000	211.5566	211.0000	-0.0221
560	560.0000	212.2102	211.6667	-0.0227
562	562.0000	212.8774	212.3333	-0.0233
564	564.0000	213.5353	213.0000	-0.0239
566	566.0000	214.2063	213.6667	-0.0245
568	568.0000	214.8658	214.3333	-0.0250
570	570.0000	215.5188	215.0000	-0.0256
572	572.0000	216.1823	215.6667	-0.0261
574	574.0000	216.8413	216.3333	-0.0266
576	576.0000	217.4954	217.0000	-0.0270
578	578.0000	218.1621	217.6667	-0.0274
580	580.0000	218.8079	218.3333	-0.0279
582	582.0000	219.4844	219.0000	-0.0283
584	584.0000	220.1385	219.6667	-0.0286
586	586.0000	220.7910	220.3333	-0.0290
588	588.0000	221.4597	221.0000	-0.0293
590	590.0000	222.1141	221.6667	-0.0296
592	592.0000	222.7698	222.3333	-0.0299
594	594.0000	223.4363	223.0000	-0.0302
596	596.0000	224.1050	223.6667	-0.0305
598	598.0000	224.7676	224.3333	-0.0308
600	600.0000	225.4317	225.0000	-0.0311
602	602.0000	226.0918	225.6667	-0.0314
604	604.0000	226.7681	226.3333	-0.0316
606	606.0000	227.4387	227.0000	-0.0319
608	608.0000	228.0983	227.6667	-0.0322
610	610.0000	228.7618	228.3333	-0.0325
612	612.0000	229.4356	229.0000	-0.0328
614	614.0000	230.0945	229.6667	-0.0331
616	616.0000	230.7474	230.3333	-0.0334
618	618.0000	231.4225	231.0000	-0.0337
620	620.0000	232.0854	231.6667	-0.0340
622	622.0000	232.7460	232.3333	-0.0343
624	624.0000	233.4108	233.0000	-0.0346
626	626.0000	234.0865	233.6667	-0.0349
628	628.0000	234.7467	234.3333	-0.0353
630	630.0000	235.4127	235.0000	-0.0356
632	632.0000	236.0847	235.6667	-0.0359

634	634.0000	236.7585	236.3333	-0.0363
636	636.0000	237.4276	237.0000	-0.0367
638	638.0000	238.1009	237.6667	-0.0371
640	640.0000	238.7617	238.3333	-0.0376
642	642.0000	239.4238	239.0000	-0.0381
644	644.0000	240.0910	239.6667	-0.0386
646	646.0000	240.7628	240.3333	-0.0392
648	648.0000	241.4232	241.0000	-0.0397
650	650.0000	242.0786	241.6667	-0.0404
652	652.0000	242.7442	242.3333	-0.0411
654	654.0000	243.4062	243.0000	-0.0418
656	656.0000	244.0924	243.6667	-0.0425
658	658.0000	244.7531	244.3333	-0.0433
660	660.0000	245.4159	245.0000	-0.0442
662	662.0000	246.0723	245.6667	-0.0450
664	664.0000	246.7296	246.3333	-0.0460
666	666.0000	247.3937	247.0000	-0.0470
668	668.0000	248.0579	247.6667	-0.0480
670	670.0000	248.7304	248.3333	-0.0491
672	672.0000	249.3887	249.0000	-0.0502
674	674.0000	250.0501	249.6667	-0.0514
676	676.0000	250.7159	250.3333	-0.0526
678	678.0000	251.3698	251.0000	-0.0539
680	680.0000	252.0506	251.6667	-0.0553
682	682.0000	252.7116	252.3333	-0.0567
684	684.0000	253.3776	253.0000	-0.0581
686	686.0000	254.0409	253.6667	-0.0596
688	688.0000	254.6945	254.3333	-0.0612
690	690.0000	255.3587	255.0000	-0.0629
692	692.0000	256.0242	255.6667	-0.0646
694	694.0000	256.6842	256.3333	-0.0663
696	696.0000	257.3481	257.0000	-0.0682
698	698.0000	258.0181	257.6667	-0.0701
700	700.0000	258.6770	258.3333	-0.0720
702	702.0000	259.3586	259.0000	-0.0740
704	704.0000	260.0127	259.6667	-0.0760
706	706.0000	260.6938	260.3333	-0.0781
708	708.0000	261.3493	261.0000	-0.0802
710	710.0000	262.0091	261.6667	-0.0824
712	712.0000	262.6783	262.3333	-0.0846
714	714.0000	263.3449	263.0000	-0.0868
716	716.0000	264.0044	263.6667	-0.0891
718	718.0000	264.6541	264.3333	-0.0914
720	720.0000	265.3300	265.0000	-0.0938
722	722.0000	266.0024	265.6667	-0.0962
724	724.0000	266.6663	266.3333	-0.0986
726	726.0000	267.3336	267.0000	-0.1010
728	728.0000	268.0140	267.6667	-0.1034
730	730.0000	268.6731	268.3333	-0.1059
732	732.0000	269.3305	269.0000	-0.1084
734	734.0000	270.0163	269.6667	-0.1109

736	736.0000	270.6784	270.3333	-0.1134
738	738.0000	271.3383	271.0000	-0.1159
740	740.0000	272.0055	271.6667	-0.1184
742	742.0000	272.6812	272.3333	-0.1210
744	744.0000	273.3415	273.0000	-0.1236
746	746.0000	274.0070	273.6667	-0.1261
748	748.0000	274.6801	274.3333	-0.1287
750	750.0000	275.3520	275.0000	-0.1312
752	752.0000	276.0212	275.6667	-0.1338
754	754.0000	276.6835	276.3333	-0.1364
756	756.0000	277.3542	277.0000	-0.1389
758	758.0000	278.0155	277.6667	-0.1414
760	760.0000	278.6660	278.3333	-0.1440
762	762.0000	279.3340	279.0000	-0.1465
764	764.0000	280.0134	279.6667	-0.1490
766	766.0000	280.6776	280.3333	-0.1515
768	768.0000	281.3404	281.0000	-0.1539
770	770.0000	282.0084	281.6667	-0.1563
772	772.0000	282.6691	282.3333	-0.1587
774	774.0000	283.3425	283.0000	-0.1610
776	776.0000	284.0025	283.6667	-0.1633
778	778.0000	284.6634	284.3333	-0.1656
780	780.0000	285.3307	285.0000	-0.1678
782	782.0000	285.9949	285.6667	-0.1700
784	784.0000	286.6646	286.3333	-0.1721
786	786.0000	287.3313	287.0000	-0.1741
788	788.0000	287.9922	287.6667	-0.1761
790	790.0000	288.6559	288.3333	-0.1780
792	792.0000	289.3279	289.0000	-0.1799
794	794.0000	289.9938	289.6667	-0.1817
796	796.0000	290.6567	290.3333	-0.1834
798	798.0000	291.3188	291.0000	-0.1850
800	800.0000	291.9919	291.6667	-0.1865
802	802.0000	292.6468	292.3333	-0.1879
804	804.0000	293.3172	293.0000	-0.1893
806	806.0000	293.9949	293.6667	-0.1905
808	808.0000	294.6371	294.3333	-0.1916
810	810.0000	295.3114	295.0000	-0.1926
812	812.0000	295.9898	295.6667	-0.1935
814	814.0000	296.6434	296.3333	-0.1943
816	816.0000	297.3109	297.0000	-0.1950
818	818.0000	297.9691	297.6667	-0.1955
820	820.0000	298.6312	298.3333	-0.1960
822	822.0000	299.2920	299.0000	-0.1963
824	824.0000	299.9565	299.6667	-0.1965
826	826.0000	300.6180	300.3333	-0.1966
828	828.0000	301.2945	301.0000	-0.1966
830	830.0000	301.9590	301.6667	-0.1965
832	832.0000	302.6244	302.3333	-0.1963
834	834.0000	303.2801	303.0000	-0.1960
836	836.0000	303.9435	303.6667	-0.1956

838	838.0000	304.6206	304.3333	-0.1952
840	840.0000	305.2800	305.0000	-0.1946
842	842.0000	305.9532	305.6667	-0.1940
844	844.0000	306.6136	306.3333	-0.1934
846	846.0000	307.2724	307.0000	-0.1927
848	848.0000	307.9361	307.6667	-0.1920
850	850.0000	308.5890	308.3333	-0.1912
852	852.0000	309.2531	309.0000	-0.1904
854	854.0000	309.9190	309.6667	-0.1896
856	856.0000	310.5740	310.3333	-0.1888
858	858.0000	311.2333	311.0000	-0.1880
860	860.0000	311.8923	311.6667	-0.1872
862	862.0000	312.5519	312.3333	-0.1864
864	864.0000	313.2252	313.0000	-0.1857
866	866.0000	313.8879	313.6667	-0.1850
868	868.0000	314.5481	314.3333	-0.1844
870	870.0000	315.2043	315.0000	-0.1839
872	872.0000	315.8633	315.6667	-0.1834
874	874.0000	316.5229	316.3333	-0.1830
876	876.0000	317.1945	317.0000	-0.1827
878	878.0000	317.8503	317.6667	-0.1825
880	880.0000	318.5092	318.3333	-0.1825
882	882.0000	319.1660	319.0000	-0.1825
884	884.0000	319.8373	319.6667	-0.1826
886	886.0000	320.4988	320.3333	-0.1829
888	888.0000	321.1647	321.0000	-0.1833
890	890.0000	321.8116	321.6667	-0.1838
892	892.0000	322.4745	322.3333	-0.1845
894	894.0000	323.1494	323.0000	-0.1853
896	896.0000	323.8078	323.6667	-0.1862
898	898.0000	324.4665	324.3333	-0.1873
900	900.0000	325.1364	325.0000	-0.1886
902	902.0000	325.7991	325.6667	-0.1899
904	904.0000	326.4470	326.3333	-0.1914
906	906.0000	327.1143	327.0000	-0.1930
908	908.0000	327.7782	327.6667	-0.1948
910	910.0000	328.4436	328.3333	-0.1966
912	912.0000	329.1017	329.0000	-0.1986
914	914.0000	329.7666	329.6667	-0.2006
916	916.0000	330.4137	330.3333	-0.2027
918	918.0000	331.0804	331.0000	-0.2048
920	920.0000	331.7445	331.6667	-0.2071
922	922.0000	332.4208	332.3333	-0.2093
924	924.0000	333.0641	333.0000	-0.2116
926	926.0000	333.7328	333.6667	-0.2139
928	928.0000	334.3922	334.3333	-0.2162
930	930.0000	335.0579	335.0000	-0.2185
932	932.0000	335.7262	335.6667	-0.2207
934	934.0000	336.3963	336.3333	-0.2228
936	936.0000	337.0596	337.0000	-0.2249
938	938.0000	337.7392	337.6667	-0.2269

940	940.0000	338.3922	338.3333	-0.2287
942	942.0000	339.0686	339.0000	-0.2305
944	944.0000	339.7256	339.6667	-0.2320
946	946.0000	340.3918	340.3333	-0.2334
948	948.0000	341.0588	341.0000	-0.2346
950	950.0000	341.7253	341.6667	-0.2356
952	952.0000	342.3888	342.3333	-0.2364
954	954.0000	343.0604	343.0000	-0.2370
956	956.0000	343.7173	343.6667	-0.2373
958	958.0000	344.3861	344.3333	-0.2373
960	960.0000	345.0445	345.0000	-0.2370
962	962.0000	345.7274	345.6667	-0.2364
964	964.0000	346.3951	346.3333	-0.2356
966	966.0000	347.0592	347.0000	-0.2344
968	968.0000	347.7209	347.6667	-0.2328
970	970.0000	348.3824	348.3333	-0.2309
972	972.0000	349.0537	349.0000	-0.2287
974	974.0000	349.7014	349.6667	-0.2261
976	976.0000	350.3778	350.3333	-0.2232
978	978.0000	351.0432	351.0000	-0.2200
980	980.0000	351.7047	351.6667	-0.2164
982	982.0000	352.3667	352.3333	-0.2125
984	984.0000	353.0306	353.0000	-0.2084
986	986.0000	353.7007	353.6667	-0.2039
988	988.0000	354.3600	354.3333	-0.1993
990	990.0000	355.0307	355.0000	-0.1944
992	992.0000	355.6961	355.6667	-0.1893
994	994.0000	356.3530	356.3333	-0.1840
996	996.0000	357.0150	357.0000	-0.1786
998	998.0000	357.6829	357.6667	-0.1730
1000	1000.0000	358.3413	358.3333	-0.1674
1002	1002.0000	359.0204	359.0000	-0.1617
1004	1004.0000	359.6811	359.6667	-0.1560
1006	1006.0000	360.3398	360.3333	-0.1503
1008	1008.0000	361.0217	361.0000	-0.1446
1010	1010.0000	361.6818	361.6667	-0.1389
1012	1012.0000	362.3398	362.3333	-0.1333
1014	1014.0000	363.0018	363.0000	-0.1279
1016	1016.0000	363.6737	363.6667	-0.1225
1018	1018.0000	364.3495	364.3333	-0.1173
1020	1020.0000	365.0084	365.0000	-0.1122
1022	1022.0000	365.6658	365.6667	-0.1072
1024	1024.0000	366.3273	366.3333	-0.1024
1026	1026.0000	367.0053	367.0000	-0.0977
1028	1028.0000	367.6686	367.6667	-0.0933
1030	1030.0000	368.3358	368.3333	-0.0890
1032	1032.0000	368.9907	369.0000	-0.0849
1034	1034.0000	369.6458	369.6667	-0.0809
1036	1036.0000	370.3174	370.3333	-0.0772
1038	1038.0000	370.9784	371.0000	-0.0736
1040	1040.0000	371.6412	371.6667	-0.0702

1042	1042.0000	372.3066	372.3333	-0.0670
1044	1044.0000	372.9724	373.0000	-0.0639
1046	1046.0000	373.6313	373.6667	-0.0610
1048	1048.0000	374.2992	374.3333	-0.0583
1050	1050.0000	374.9700	375.0000	-0.0557
1052	1052.0000	375.6313	375.6667	-0.0533
1054	1054.0000	376.3025	376.3333	-0.0510
1056	1056.0000	376.9550	377.0000	-0.0489
1058	1058.0000	377.6145	377.6667	-0.0469
1060	1060.0000	378.2948	378.3333	-0.0450
1062	1062.0000	378.9564	379.0000	-0.0433
1064	1064.0000	379.6178	379.6667	-0.0417
1066	1066.0000	380.2793	380.3333	-0.0402
1068	1068.0000	380.9381	381.0000	-0.0388
1070	1070.0000	381.6115	381.6667	-0.0375
1072	1072.0000	382.2709	382.3333	-0.0363
1074	1074.0000	382.9311	383.0000	-0.0352
1076	1076.0000	383.5984	383.6667	-0.0342
1078	1078.0000	384.2605	384.3333	-0.0333
1080	1080.0000	384.9218	385.0000	-0.0324
1082	1082.0000	385.5930	385.6667	-0.0316
1084	1084.0000	386.2609	386.3333	-0.0309
1086	1086.0000	386.9238	387.0000	-0.0303
1088	1088.0000	387.5753	387.6667	-0.0297
1090	1090.0000	388.2510	388.3333	-0.0292
1092	1092.0000	388.9119	389.0000	-0.0287
1094	1094.0000	389.5648	389.6667	-0.0282
1096	1096.0000	390.2232	390.3333	-0.0278
1098	1098.0000	390.9027	391.0000	-0.0274
1100	1100.0000	391.5609	391.6667	-0.0271
1102	1102.0000	392.2315	392.3333	-0.0268
1104	1104.0000	392.8942	393.0000	-0.0265
1106	1106.0000	393.5597	393.6667	-0.0263
1108	1108.0000	394.2354	394.3333	-0.0260
1110	1110.0000	394.8923	395.0000	-0.0258
1112	1112.0000	395.5484	395.6667	-0.0256
1114	1114.0000	396.2152	396.3333	-0.0254
1116	1116.0000	396.8800	397.0000	-0.0252
1118	1118.0000	397.5440	397.6667	-0.0251
1120	1120.0000	398.1969	398.3333	-0.0249
1122	1122.0000	398.8727	399.0000	-0.0248
1124	1124.0000	399.5286	399.6667	-0.0246
1126	1126.0000	400.1924	400.3333	-0.0245
1128	1128.0000	400.8594	401.0000	-0.0244
1130	1130.0000	401.5304	401.6667	-0.0242
1132	1132.0000	402.1898	402.3333	-0.0241
1134	1134.0000	402.8540	403.0000	-0.0240
1136	1136.0000	403.5088	403.6667	-0.0238
1138	1138.0000	404.1736	404.3333	-0.0237
1140	1140.0000	404.8506	405.0000	-0.0236
1142	1142.0000	405.5076	405.6667	-0.0235

1144	1144.0000	406.1802	406.3333	-0.0234
1146	1146.0000	406.8540	407.0000	-0.0232
1148	1148.0000	407.5095	407.6667	-0.0231
1150	1150.0000	408.1671	408.3333	-0.0230
1152	1152.0000	408.8462	409.0000	-0.0229
1154	1154.0000	409.5134	409.6667	-0.0228
1156	1156.0000	410.1749	410.3333	-0.0227
1158	1158.0000	410.8449	411.0000	-0.0226
1160	1160.0000	411.5034	411.6667	-0.0225
1162	1162.0000	412.1734	412.3333	-0.0224
1164	1164.0000	412.8311	413.0000	-0.0223
1166	1166.0000	413.4861	413.6667	-0.0222
1168	1168.0000	414.1638	414.3333	-0.0222
1170	1170.0000	414.8228	415.0000	-0.0221
1172	1172.0000	415.5003	415.6667	-0.0220
1174	1174.0000	416.1534	416.3333	-0.0219
1176	1176.0000	416.8143	417.0000	-0.0218
1178	1178.0000	417.4856	417.6667	-0.0218
1180	1180.0000	418.1411	418.3333	-0.0217
1182	1182.0000	418.8032	419.0000	-0.0216
1184	1184.0000	419.4745	419.6667	-0.0215
1186	1186.0000	420.1449	420.3333	-0.0214
1188	1188.0000	420.8037	421.0000	-0.0213
1190	1190.0000	421.4750	421.6667	-0.0212
1192	1192.0000	422.1378	422.3333	-0.0211
1194	1194.0000	422.7952	423.0000	-0.0210
1196	1196.0000	423.4519	423.6667	-0.0209
1198	1198.0000	424.1155	424.3333	-0.0208
1200	1200.0000	424.7873	425.0000	-0.0207
1202	1202.0000	425.4573	425.6667	-0.0206
1204	1204.0000	426.1147	426.3333	-0.0206
1206	1206.0000	426.7728	427.0000	-0.0204
1208	1208.0000	427.4500	427.6667	-0.0203
1210	1210.0000	428.1028	428.3333	-0.0202
1212	1212.0000	428.7653	429.0000	-0.0201
1214	1214.0000	429.4234	429.6667	-0.0200
1216	1216.0000	430.0958	430.3333	-0.0199
1218	1218.0000	430.7626	431.0000	-0.0198
1220	1220.0000	431.4298	431.6667	-0.0197
1222	1222.0000	432.0803	432.3333	-0.0196
1224	1224.0000	432.7660	433.0000	-0.0195
1226	1226.0000	433.4262	433.6667	-0.0194
1228	1228.0000	434.0927	434.3333	-0.0193
1230	1230.0000	434.7476	435.0000	-0.0192
1232	1232.0000	435.4117	435.6667	-0.0191
1234	1234.0000	436.0805	436.3333	-0.0190
1236	1236.0000	436.7509	437.0000	-0.0189
1238	1238.0000	437.4026	437.6667	-0.0188
1240	1240.0000	438.0660	438.3333	-0.0187
1242	1242.0000	438.7314	439.0000	-0.0186
1244	1244.0000	439.3973	439.6667	-0.0185

1246	1246.0000	440.0660	440.3333	-0.0184
1248	1248.0000	440.7372	441.0000	-0.0183
1250	1250.0000	441.3823	441.6667	-0.0182
1252	1252.0000	442.0530	442.3333	-0.0181
1254	1254.0000	442.7072	443.0000	-0.0179
1256	1256.0000	443.3667	443.6667	-0.0178
1258	1258.0000	444.0218	444.3333	-0.0177
1260	1260.0000	444.6995	445.0000	-0.0176
1262	1262.0000	445.3498	445.6667	-0.0175
1264	1264.0000	446.0224	446.3333	-0.0174
1266	1266.0000	446.6826	447.0000	-0.0173
1268	1268.0000	447.3466	447.6667	-0.0172
1270	1270.0000	448.0165	448.3333	-0.0170
1272	1272.0000	448.6766	449.0000	-0.0169
1274	1274.0000	449.3530	449.6667	-0.0169
1276	1276.0000	450.0182	450.3333	-0.0168
1278	1278.0000	450.6714	451.0000	-0.0167
1280	1280.0000	451.3478	451.6666	-0.0166
1282	1282.0000	452.0092	452.3333	-0.0165
1284	1284.0000	452.6654	453.0000	-0.0164
1286	1286.0000	453.3347	453.6666	-0.0164
1288	1288.0000	453.9917	454.3333	-0.0163
1290	1290.0000	454.6557	455.0000	-0.0162
1292	1292.0000	455.3406	455.6666	-0.0161
1294	1294.0000	455.9878	456.3333	-0.0160
1296	1296.0000	456.6524	457.0000	-0.0159
1298	1298.0000	457.3074	457.6666	-0.0159
1300	1300.0000	457.9668	458.3333	-0.0158
1302	1302.0000	458.6387	459.0000	-0.0158
1304	1304.0000	459.2951	459.6666	-0.0161
1306	1306.0000	459.9657	460.3333	-0.0174
1308	1308.0000	460.6342	461.0000	-0.0194
1310	1310.0000	461.2898	461.6666	-0.0213
1312	1312.0000	461.9518	462.3333	-0.0229
1314	1314.0000	462.6172	463.0000	-0.0242
1316	1316.0000	463.2848	463.6666	-0.0253
1318	1318.0000	463.9488	464.3333	-0.0260
1320	1320.0000	464.6143	465.0000	-0.0264
1322	1322.0000	465.2833	465.6666	-0.0267
1324	1324.0000	465.9364	466.3333	-0.0267
1326	1326.0000	466.5520	467.0000	-0.0265
1328	1328.0000	467.1460	467.6666	-0.0261
1330	1330.0000	467.7358	468.3333	-0.0255
1332	1332.0000	468.3472	469.0000	-0.0248
1334	1334.0000	468.9659	469.6666	-0.0239
1336	1336.0000	469.6064	470.3333	-0.0228
1338	1338.0000	470.2332	471.0000	-0.0217
1340	1340.0000	470.8777	471.6666	-0.0204
1342	1342.0000	471.5440	472.3333	-0.0189
1344	1344.0000	472.1794	473.0000	-0.0173
1346	1346.0000	472.8449	473.6666	-0.0156

1348	1348.0000	473.4998	474.3333	-0.0138
1350	1350.0000	474.1476	475.0000	-0.0119
1352	1352.0000	474.8124	475.6666	-0.0100
1354	1354.0000	475.4816	476.3333	-0.0083
1356	1356.0000	476.1455	477.0000	-0.0076
1358	1358.0000	476.8227	477.6666	-0.0079
1360	1360.0000	477.4911	478.3333	-0.0083
1362	1362.0000	478.1637	479.0000	-0.0088
1364	1364.0000	478.8374	479.6666	-0.0092
1366	1366.0000	479.5026	480.3333	-0.0096
1368	1368.0000	480.1785	481.0000	-0.0099
1370	1370.0000	480.8542	481.6666	-0.0101
1372	1372.0000	481.5269	482.3333	-0.0103
1374	1374.0000	482.1992	483.0000	-0.0105
1376	1376.0000	482.8698	483.6666	-0.0106
1378	1378.0000	483.5358	484.3333	-0.0107
1380	1380.0000	484.2096	485.0000	-0.0108
1382	1382.0000	484.8853	485.6666	-0.0108
1384	1384.0000	485.5561	486.3333	-0.0109
1386	1386.0000	486.2351	487.0000	-0.0109
1388	1388.0000	486.9004	487.6666	-0.0109
1390	1390.0000	487.5660	488.3333	-0.0109
1392	1392.0000	488.2496	489.0000	-0.0109
1394	1394.0000	488.9183	489.6666	-0.0109
1396	1396.0000	489.5881	490.3333	-0.0109
1398	1398.0000	490.2540	491.0000	-0.0109
1400	1400.0000	490.9175	491.6666	-0.0108
1402	1402.0000	491.6057	492.3333	-0.0108
1404	1404.0000	492.2644	493.0000	-0.0107
1406	1406.0000	492.9402	493.6666	-0.0107
1408	1408.0000	493.6017	494.3333	-0.0106
1410	1410.0000	494.2729	495.0000	-0.0105
1412	1412.0000	494.9428	495.6666	-0.0105
1414	1414.0000	495.6070	496.3333	-0.0104
1416	1416.0000	496.2860	497.0000	-0.0103
1418	1418.0000	496.9545	497.6666	-0.0103
1420	1420.0000	497.6265	498.3333	-0.0102
1422	1422.0000	498.2931	499.0000	-0.0101
1424	1424.0000	498.9494	499.6666	-0.0101
1426	1426.0000	499.6227	500.3333	-0.0100
1428	1428.0000	500.2918	501.0000	-0.0099
1430	1430.0000	500.9566	501.6666	-0.0099
1432	1432.0000	501.6220	502.3333	-0.0098
1434	1434.0000	502.2932	503.0000	-0.0097
1436	1436.0000	502.9670	503.6666	-0.0097
1438	1438.0000	503.6264	504.3333	-0.0096
1440	1440.0000	504.2995	505.0000	-0.0095
1442	1442.0000	504.9746	505.6666	-0.0095
1444	1444.0000	505.6316	506.3333	-0.0094
1446	1446.0000	506.3063	507.0000	-0.0094
1448	1448.0000	506.9741	507.6666	-0.0093

1450	1450.0000	507.6420	508.3333	-0.0092
1452	1452.0000	508.3158	509.0000	-0.0092
1454	1454.0000	508.9824	509.6666	-0.0091
1456	1456.0000	509.6511	510.3333	-0.0091
1458	1458.0000	510.3217	511.0000	-0.0090
1460	1460.0000	510.9821	511.6666	-0.0089
1462	1462.0000	511.6554	512.3333	-0.0089
1464	1464.0000	512.3188	513.0000	-0.0088
1466	1466.0000	512.9966	513.6666	-0.0087
1468	1468.0000	513.6547	514.3333	-0.0087
1470	1470.0000	514.3170	515.0000	-0.0086
1472	1472.0000	514.9810	515.6666	-0.0085
1474	1474.0000	515.6534	516.3333	-0.0085
1476	1476.0000	516.3110	517.0000	-0.0084
1478	1478.0000	516.9869	517.6666	-0.0083
1480	1480.0000	517.6629	518.3333	-0.0083
1482	1482.0000	518.3195	519.0000	-0.0082
1484	1484.0000	518.9886	519.6666	-0.0082
1486	1486.0000	519.6521	520.3333	-0.0081
1488	1488.0000	520.3142	521.0000	-0.0081
1490	1490.0000	520.9885	521.6666	-0.0080
1492	1492.0000	521.6517	522.3333	-0.0079
1494	1494.0000	522.3167	523.0000	-0.0079
1496	1496.0000	522.9742	523.6666	-0.0078
1498	1498.0000	523.6498	524.3333	-0.0078
1500	1500.0000	524.3211	525.0000	-0.0077
1502	1502.0000	524.9796	525.6666	-0.0077
1504	1504.0000	525.6261	526.3333	-0.0076
1506	1506.0000	526.3018	527.0000	-0.0076
1508	1508.0000	526.9705	527.6666	-0.0075
1510	1510.0000	527.6389	528.3333	-0.0074
1512	1512.0000	528.2921	529.0000	-0.0074
1514	1514.0000	528.9634	529.6666	-0.0073
1516	1516.0000	529.6389	530.3333	-0.0073
1518	1518.0000	530.2972	531.0000	-0.0072
1520	1520.0000	530.9668	531.6666	-0.0072
1522	1522.0000	531.6334	532.3333	-0.0071
1524	1524.0000	532.3099	533.0000	-0.0070
1526	1526.0000	532.9766	533.6666	-0.0070
1528	1528.0000	533.6313	534.3333	-0.0069
1530	1530.0000	534.3001	534.9999	-0.0069
1532	1532.0000	534.9597	535.6666	-0.0068
1534	1534.0000	535.6354	536.3333	-0.0068
1536	1536.0000	536.2967	536.9999	-0.0067
1538	1538.0000	536.9596	537.6666	-0.0066
1540	1540.0000	537.6279	538.3333	-0.0066
1542	1542.0000	538.2946	538.9999	-0.0065
1544	1544.0000	538.9619	539.6666	-0.0064
1546	1546.0000	539.6221	540.3333	-0.0064
1548	1548.0000	540.2868	540.9999	-0.0063
1550	1550.0000	540.9495	541.6666	-0.0062

1552	1552.0000	541.6180	542.3333	-0.0062
1554	1554.0000	542.2783	542.9999	-0.0061
1556	1556.0000	542.9428	543.6666	-0.0061
1558	1558.0000	543.5984	544.3333	-0.0060
1560	1560.0000	544.2748	544.9999	-0.0060
1562	1562.0000	544.9329	545.6666	-0.0059
1564	1564.0000	545.6053	546.3333	-0.0059
1566	1566.0000	546.2676	546.9999	-0.0058
1568	1568.0000	546.9382	547.6666	-0.0058
1570	1570.0000	547.6138	548.3333	-0.0057
1572	1572.0000	548.2726	548.9999	-0.0057
1574	1574.0000	548.9330	549.6666	-0.0057
1576	1576.0000	549.6003	550.3333	-0.0056
1578	1578.0000	550.2728	550.9999	-0.0056
1580	1580.0000	550.9312	551.6666	-0.0056
1582	1582.0000	551.5930	552.3333	-0.0056
1584	1584.0000	552.2552	552.9999	-0.0055
1586	1586.0000	552.9165	553.6666	-0.0055
1588	1588.0000	553.5876	554.3333	-0.0055
1590	1590.0000	554.2450	554.9999	-0.0055
1592	1592.0000	554.9176	555.6666	-0.0055
1594	1594.0000	555.5817	556.3333	-0.0054
1596	1596.0000	556.2451	556.9999	-0.0054
1598	1598.0000	556.9058	557.6666	-0.0054
1600	1600.0000	557.5745	558.3333	-0.0054
1602	1602.0000	558.2412	558.9999	-0.0054
1604	1604.0000	558.9189	559.6666	-0.0054
1606	1606.0000	559.5640	560.3333	-0.0053
1608	1608.0000	560.2404	560.9999	-0.0053
1610	1610.0000	560.8970	561.6666	-0.0053
1612	1612.0000	561.5621	562.3333	-0.0053
1614	1614.0000	562.2267	562.9999	-0.0053
1616	1616.0000	562.8998	563.6666	-0.0053
1618	1618.0000	563.5536	564.3333	-0.0053
1620	1620.0000	564.2314	564.9999	-0.0052
1622	1622.0000	564.8875	565.6666	-0.0052
1624	1624.0000	565.5446	566.3333	-0.0052
1626	1626.0000	566.1982	566.9999	-0.0052
1628	1628.0000	566.8623	567.6666	-0.0051
1630	1630.0000	567.5353	568.3333	-0.0051
1632	1632.0000	568.2028	568.9999	-0.0050
1634	1634.0000	568.8709	569.6666	-0.0050
1636	1636.0000	569.5304	570.3333	-0.0050
1638	1638.0000	570.1873	570.9999	-0.0049
1640	1640.0000	570.8526	571.6666	-0.0049
1642	1642.0000	571.5051	572.3333	-0.0048
1644	1644.0000	572.1751	572.9999	-0.0048
1646	1646.0000	572.8485	573.6666	-0.0048
1648	1648.0000	573.5092	574.3333	-0.0047
1650	1650.0000	574.1721	574.9999	-0.0047
1652	1652.0000	574.8301	575.6666	-0.0046

1654	1654.0000	575.5040	576.3333	-0.0046
1656	1656.0000	576.1669	576.9999	-0.0046
1658	1658.0000	576.8279	577.6666	-0.0045
1660	1660.0000	577.4990	578.3333	-0.0045
1662	1662.0000	578.1696	578.9999	-0.0045
1664	1664.0000	578.8284	579.6666	-0.0045
1666	1666.0000	579.4871	580.3333	-0.0045
1668	1668.0000	580.1565	580.9999	-0.0044
1670	1670.0000	580.8185	581.6666	-0.0044
1672	1672.0000	581.4740	582.3333	-0.0044
1674	1674.0000	582.1466	582.9999	-0.0043
1676	1676.0000	582.8151	583.6666	-0.0043
1678	1678.0000	583.4848	584.3333	-0.0043
1680	1680.0000	584.1513	584.9999	-0.0043
1682	1682.0000	584.8018	585.6666	-0.0042
1684	1684.0000	585.4796	586.3333	-0.0042
1686	1686.0000	586.1300	586.9999	-0.0042
1688	1688.0000	586.7923	587.6666	-0.0042
1690	1690.0000	587.4401	588.3333	-0.0041
1692	1692.0000	588.1044	588.9999	-0.0041
1694	1694.0000	588.7640	589.6666	-0.0041
1696	1696.0000	589.4214	590.3333	-0.0040
1698	1698.0000	590.0835	590.9999	-0.0040
1700	1700.0000	590.7444	591.6666	-0.0040
1702	1702.0000	591.4008	592.3333	-0.0039
1704	1704.0000	592.0715	592.9999	-0.0039
1706	1706.0000	592.7177	593.6666	-0.0039
1708	1708.0000	593.3933	594.3333	-0.0038
1710	1710.0000	594.0522	594.9999	-0.0038
1712	1712.0000	594.7236	595.6666	-0.0038
1714	1714.0000	595.3823	596.3333	-0.0038
1716	1716.0000	596.0456	596.9999	-0.0038
1718	1718.0000	596.6927	597.6666	-0.0037
1720	1720.0000	597.3659	598.3333	-0.0037
1722	1722.0000	598.0272	598.9999	-0.0037
1724	1724.0000	598.6937	599.6666	-0.0037
1726	1726.0000	599.3655	600.3333	-0.0036
1728	1728.0000	600.0323	600.9999	-0.0036
1730	1730.0000	600.6840	601.6666	-0.0036
1732	1732.0000	601.3610	602.3333	-0.0036
1734	1734.0000	602.0207	602.9999	-0.0036
1736	1736.0000	602.6743	603.6666	-0.0035
1738	1738.0000	603.3434	604.3333	-0.0035
1740	1740.0000	604.0029	604.9999	-0.0035
1742	1742.0000	604.6605	605.6666	-0.0035
1744	1744.0000	605.3168	606.3333	-0.0035
1746	1746.0000	606.0015	606.9999	-0.0035
1748	1748.0000	606.6592	607.6666	-0.0034
1750	1750.0000	607.3188	608.3333	-0.0034
1752	1752.0000	607.9815	608.9999	-0.0034
1754	1754.0000	608.6474	609.6666	-0.0034

1756	1756.0000	609.3182	610.3333	-0.0034
1758	1758.0000	609.9761	610.9999	-0.0034
1760	1760.0000	610.6363	611.6666	-0.0034
1762	1762.0000	611.3036	612.3333	-0.0034
1764	1764.0000	611.9606	612.9999	-0.0034
1766	1766.0000	612.6332	613.6666	-0.0034
1768	1768.0000	613.2914	614.3333	-0.0033
1770	1770.0000	613.9522	614.9999	-0.0033
1772	1772.0000	614.6091	615.6666	-0.0033
1774	1774.0000	615.2628	616.3333	-0.0033
1776	1776.0000	615.9337	616.9999	-0.0033
1778	1778.0000	616.5840	617.6666	-0.0033
1780	1780.0000	617.2457	618.3333	-0.0032
1782	1782.0000	617.9145	618.9999	-0.0032
1784	1784.0000	618.5725	619.6666	-0.0032
1786	1786.0000	619.2430	620.3333	-0.0032
1788	1788.0000	619.9019	620.9999	-0.0031
1790	1790.0000	620.5575	621.6666	-0.0031
1792	1792.0000	621.2243	622.3333	-0.0031
1794	1794.0000	621.8899	622.9999	-0.0031
1796	1796.0000	622.5447	623.6666	-0.0030
1798	1798.0000	623.2076	624.3333	-0.0030
1800	1800.0000	623.8710	624.9999	-0.0030
1802	1802.0000	624.5317	625.6666	-0.0030
1804	1804.0000	625.1907	626.3333	-0.0029
1806	1806.0000	625.8509	626.9999	-0.0029
1808	1808.0000	626.5081	627.6666	-0.0029
1810	1810.0000	627.1882	628.3333	-0.0029
1812	1812.0000	627.8445	628.9999	-0.0028
1814	1814.0000	628.5073	629.6666	-0.0028
1816	1816.0000	629.1532	630.3333	-0.0028
1818	1818.0000	629.8304	630.9999	-0.0028
1820	1820.0000	630.4780	631.6666	-0.0028
1822	1822.0000	631.1304	632.3333	-0.0028
1824	1824.0000	631.7925	632.9999	-0.0028
1826	1826.0000	632.4636	633.6666	-0.0028
1828	1828.0000	633.1124	634.3333	-0.0028
1830	1830.0000	633.7732	634.9999	-0.0028
1832	1832.0000	634.4380	635.6666	-0.0028
1834	1834.0000	635.1152	636.3333	-0.0028
1836	1836.0000	635.7670	636.9999	-0.0027
1838	1838.0000	636.4329	637.6666	-0.0027
1840	1840.0000	637.0892	638.3333	-0.0027
1842	1842.0000	637.7604	638.9999	-0.0027
1844	1844.0000	638.4211	639.6666	-0.0027
1846	1846.0000	639.0694	640.3333	-0.0027
1848	1848.0000	639.7349	640.9999	-0.0027
1850	1850.0000	640.4081	641.6666	-0.0027
1852	1852.0000	641.0714	642.3333	-0.0026
1854	1854.0000	641.7258	642.9999	-0.0026
1856	1856.0000	642.3865	643.6666	-0.0026

1858	1858.0000	643.0505	644.3333	-0.0026
1860	1860.0000	643.7068	644.9999	-0.0025
1862	1862.0000	644.3751	645.6666	-0.0025
1864	1864.0000	645.0339	646.3333	-0.0025
1866	1866.0000	645.6879	646.9999	-0.0025
1868	1868.0000	646.3538	647.6666	-0.0024
1870	1870.0000	647.0197	648.3333	-0.0024
1872	1872.0000	647.6787	648.9999	-0.0024
1874	1874.0000	648.3364	649.6666	-0.0024
1876	1876.0000	648.9835	650.3333	-0.0024
1878	1878.0000	649.6562	650.9999	-0.0024
1880	1880.0000	650.3169	651.6666	-0.0024
1882	1882.0000	650.9717	652.3333	-0.0024
1884	1884.0000	651.6476	652.9999	-0.0024
1886	1886.0000	652.3115	653.6666	-0.0024
1888	1888.0000	652.9606	654.3333	-0.0024
1890	1890.0000	653.6299	654.9999	-0.0024
1892	1892.0000	654.3003	655.6666	-0.0024
1894	1894.0000	654.9683	656.3333	-0.0024
1896	1896.0000	655.6252	656.9999	-0.0024
1898	1898.0000	656.2894	657.6666	-0.0024
1900	1900.0000	656.9443	658.3333	-0.0024
1902	1902.0000	657.6090	658.9999	-0.0024
1904	1904.0000	658.2861	659.6666	-0.0024
1906	1906.0000	658.9327	660.3333	-0.0024
1908	1908.0000	659.5889	660.9999	-0.0024
1910	1910.0000	660.2512	661.6666	-0.0023
1912	1912.0000	660.9074	662.3333	-0.0023
1914	1914.0000	661.5618	662.9999	-0.0023
1916	1916.0000	662.2260	663.6666	-0.0023
1918	1918.0000	662.8790	664.3333	-0.0023
1920	1920.0000	663.5406	664.9999	-0.0022
1922	1922.0000	664.2106	665.6666	-0.0022
1924	1924.0000	664.8655	666.3333	-0.0021
1926	1926.0000	665.5347	666.9999	-0.0020
1928	1928.0000	666.1997	667.6666	-0.0020
1930	1930.0000	666.8582	668.3333	-0.0019
1932	1932.0000	667.5170	668.9999	-0.0018
1934	1934.0000	668.1883	669.6666	-0.0017
1936	1936.0000	668.8465	670.3333	-0.0017
1938	1938.0000	669.5074	670.9999	-0.0016
1940	1940.0000	670.1625	671.6666	-0.0016
1942	1942.0000	670.8241	672.3333	-0.0015
1944	1944.0000	671.4796	672.9999	-0.0015
1946	1946.0000	672.1439	673.6666	-0.0015
1948	1948.0000	672.7994	674.3333	-0.0014
1950	1950.0000	673.4708	674.9999	-0.0014
1952	1952.0000	674.1393	675.6666	-0.0014
1954	1954.0000	674.7975	676.3333	-0.0014
1956	1956.0000	675.4714	676.9999	-0.0014
1958	1958.0000	676.1232	677.6666	-0.0015

1960	1960.0000	676.7816	678.3333	-0.0015
1962	1962.0000	677.4453	678.9999	-0.0015
1964	1964.0000	678.1062	679.6666	-0.0016
1966	1966.0000	678.7795	680.3333	-0.0016
1968	1968.0000	679.4371	680.9999	-0.0017
1970	1970.0000	680.1051	681.6666	-0.0017
1972	1972.0000	680.7603	682.3333	-0.0018
1974	1974.0000	681.4239	682.9999	-0.0018
1976	1976.0000	682.0745	683.6666	-0.0019
1978	1978.0000	682.7458	684.3333	-0.0019
1980	1980.0000	683.4152	684.9999	-0.0019
1982	1982.0000	684.0768	685.6666	-0.0019
1984	1984.0000	684.7387	686.3333	-0.0019
1986	1986.0000	685.3937	686.9999	-0.0019
1988	1988.0000	686.0586	687.6666	-0.0019
1990	1990.0000	686.7220	688.3333	-0.0019
1992	1992.0000	687.3796	688.9999	-0.0019
1994	1994.0000	688.0400	689.6666	-0.0018
1996	1996.0000	688.6902	690.3333	-0.0018
1998	1998.0000	689.3653	690.9999	-0.0018
2000	2000.0000	690.0248	691.6666	-0.0018
2002	2002.0000	690.6926	692.3333	-0.0017
2004	2004.0000	691.3562	692.9999	-0.0017
2006	2006.0000	692.0244	693.6666	-0.0017
2008	2008.0000	692.6755	694.3333	-0.0017
2010	2010.0000	693.3369	694.9999	-0.0016
2012	2012.0000	694.0048	695.6666	-0.0016
2014	2014.0000	694.6657	696.3333	-0.0016
2016	2016.0000	695.3239	696.9999	-0.0015
2018	2018.0000	695.9777	697.6666	-0.0015
2020	2020.0000	696.6435	698.3333	-0.0015
2022	2022.0000	697.3135	698.9999	-0.0015
2024	2024.0000	697.9752	699.6666	-0.0015
2026	2026.0000	698.6465	700.3333	-0.0015
2028	2028.0000	699.3045	700.9999	-0.0015
2030	2030.0000	699.9547	701.6666	-0.0015
2032	2032.0000	700.6168	702.3333	-0.0015
2034	2034.0000	701.2750	702.9999	-0.0015
2036	2036.0000	701.9443	703.6666	-0.0016
2038	2038.0000	702.6135	704.3333	-0.0016
2040	2040.0000	703.2704	704.9999	-0.0016
2042	2042.0000	703.9294	705.6666	-0.0016
2044	2044.0000	704.5934	706.3333	-0.0016
2046	2046.0000	705.2589	706.9999	-0.0016
2048	2048.0000	705.9091	707.6666	-0.0016
2050	2050.0000	706.5690	708.3333	-0.0016
2052	2052.0000	707.2336	708.9999	-0.0016
2054	2054.0000	707.8861	709.6666	-0.0016
2056	2056.0000	708.5463	710.3333	-0.0016
2058	2058.0000	709.2168	710.9999	-0.0016
2060	2060.0000	709.8812	711.6666	-0.0016

2062	2062.0000	710.5385	712.3333	-0.0016
2064	2064.0000	711.1955	712.9999	-0.0016
2066	2066.0000	711.8609	713.6666	-0.0016
2068	2068.0000	712.5179	714.3333	-0.0016
2070	2070.0000	713.1780	714.9999	-0.0015
2072	2072.0000	713.8433	715.6666	-0.0015
2074	2074.0000	714.5041	716.3333	-0.0015
2076	2076.0000	715.1602	716.9999	-0.0015
2078	2078.0000	715.8380	717.6666	-0.0015
2080	2080.0000	716.4974	718.3333	-0.0015
2082	2082.0000	717.1608	718.9999	-0.0015
2084	2084.0000	717.8192	719.6666	-0.0015
2086	2086.0000	718.4872	720.3333	-0.0015
2088	2088.0000	719.1578	720.9999	-0.0015
2090	2090.0000	719.8198	721.6666	-0.0015
2092	2092.0000	720.4832	722.3333	-0.0016
2094	2094.0000	721.1400	722.9999	-0.0016
2096	2096.0000	721.7994	723.6666	-0.0016
2098	2098.0000	722.4733	724.3333	-0.0016
2100	2100.0000	723.1432	724.9999	-0.0016
2102	2102.0000	723.8123	725.6666	-0.0016
2104	2104.0000	724.4719	726.3333	-0.0016
2106	2106.0000	725.1380	726.9999	-0.0016
2108	2108.0000	725.8030	727.6666	-0.0016
2110	2110.0000	726.4652	728.3333	-0.0016
2112	2112.0000	727.1274	728.9999	-0.0017
2114	2114.0000	727.8005	729.6666	-0.0017
2116	2116.0000	728.4729	730.3333	-0.0017
2118	2118.0000	729.1293	730.9999	-0.0017
2120	2120.0000	729.7973	731.6666	-0.0017
2122	2122.0000	730.4633	732.3333	-0.0017
2124	2124.0000	731.1331	732.9999	-0.0017
2126	2126.0000	731.7861	733.6666	-0.0018
2128	2128.0000	732.4463	734.3333	-0.0018
2130	2130.0000	733.1221	734.9999	-0.0018
2132	2132.0000	733.7809	735.6666	-0.0018
2134	2134.0000	734.4514	736.3333	-0.0018
2136	2136.0000	735.1013	736.9999	-0.0018
2138	2138.0000	735.7715	737.6666	-0.0018
2140	2140.0000	736.4392	738.3333	-0.0018
2142	2142.0000	737.0990	738.9999	-0.0019
2144	2144.0000	737.7636	739.6666	-0.0019
2146	2146.0000	738.4294	740.3333	-0.0019
2148	2148.0000	739.0863	740.9999	-0.0019
2150	2150.0000	739.7485	741.6666	-0.0019
2152	2152.0000	740.4094	742.3333	-0.0018
2154	2154.0000	741.0825	742.9999	-0.0018
2156	2156.0000	741.7394	743.6666	-0.0018
2158	2158.0000	742.4014	744.3333	-0.0018
2160	2160.0000	743.0807	744.9999	-0.0018
2162	2162.0000	743.7392	745.6666	-0.0018

2164	2164.0000	744.3963	746.3333	-0.0018
2166	2166.0000	745.0578	746.9999	-0.0018
2168	2168.0000	745.7161	747.6666	-0.0018
2170	2170.0000	746.3874	748.3333	-0.0017
2172	2172.0000	747.0430	748.9999	-0.0017
2174	2174.0000	747.7009	749.6666	-0.0017
2176	2176.0000	748.3611	750.3333	-0.0017
2178	2178.0000	749.0226	750.9999	-0.0017
2180	2180.0000	749.6959	751.6666	-0.0017
2182	2182.0000	750.3515	752.3333	-0.0016
2184	2184.0000	751.0182	752.9999	-0.0016
2186	2186.0000	751.6895	753.6666	-0.0016
2188	2188.0000	752.3450	754.3333	-0.0016
2190	2190.0000	753.0135	754.9999	-0.0016
2192	2192.0000	753.6647	755.6666	-0.0016
2194	2194.0000	754.3236	756.3333	-0.0016
2196	2196.0000	754.9897	756.9999	-0.0016
2198	2198.0000	755.6591	757.6666	-0.0016
2200	2200.0000	756.3080	758.3333	-0.0016
2202	2202.0000	756.9807	758.9999	-0.0016
2204	2204.0000	757.6481	759.6666	-0.0016
2206	2206.0000	758.3251	760.3333	-0.0016
2208	2208.0000	758.9762	760.9999	-0.0016
2210	2210.0000	759.6358	761.6666	-0.0016
2212	2212.0000	760.2867	762.3333	-0.0016
2214	2214.0000	760.9770	762.9999	-0.0016
2216	2216.0000	761.6345	763.6666	-0.0016
2218	2218.0000	762.3022	764.3333	-0.0016
2220	2220.0000	762.9644	764.9999	-0.0016
2222	2222.0000	763.6264	765.6666	-0.0016
2224	2224.0000	764.2845	766.3333	-0.0016
2226	2226.0000	764.9570	766.9999	-0.0016
2228	2228.0000	765.6088	767.6666	-0.0016
2230	2230.0000	766.2947	768.3333	-0.0016
2232	2232.0000	766.9446	768.9999	-0.0016
2234	2234.0000	767.6183	769.6666	-0.0016
2236	2236.0000	768.2640	770.3333	-0.0016
2238	2238.0000	768.9377	770.9999	-0.0016
2240	2240.0000	769.5986	771.6666	-0.0016
2242	2242.0000	770.2545	772.3333	-0.0016
2244	2244.0000	770.9369	772.9999	-0.0016
2246	2246.0000	771.5836	773.6666	-0.0016
2248	2248.0000	772.2418	774.3333	-0.0016
2250	2250.0000	772.9091	774.9999	-0.0016
2252	2252.0000	773.5705	775.6666	-0.0016
2254	2254.0000	774.2271	776.3333	-0.0016
2256	2256.0000	774.8942	776.9999	-0.0016
2258	2258.0000	775.5565	777.6666	-0.0016
2260	2260.0000	776.2310	778.3333	-0.0016
2262	2262.0000	776.8853	778.9999	-0.0016
2264	2264.0000	777.5422	779.6666	-0.0016

2266	2266.0000	778.2115	780.3333	-0.0016
2268	2268.0000	778.8703	780.9999	-0.0016
2270	2270.0000	779.5215	781.6666	-0.0016
2272	2272.0000	780.2128	782.3333	-0.0016
2274	2274.0000	780.8610	782.9999	-0.0016
2276	2276.0000	781.5288	783.6666	-0.0016
2278	2278.0000	782.1831	784.3333	-0.0016
2280	2280.0000	782.8447	784.9999	-0.0016
2282	2282.0000	783.4965	785.6666	-0.0016
2284	2284.0000	784.1617	786.3333	-0.0016
2286	2286.0000	784.8354	786.9999	-0.0016
2288	2288.0000	785.4937	787.6666	-0.0016
2290	2290.0000	786.1480	788.3333	-0.0016
2292	2292.0000	786.8242	788.9999	-0.0016
2294	2294.0000	787.4683	789.6666	-0.0016
2296	2296.0000	788.1422	790.3333	-0.0017
2298	2298.0000	788.7881	790.9999	-0.0017
2300	2300.0000	789.4678	791.6666	-0.0017
2302	2302.0000	790.1318	792.3333	-0.0017
2304	2304.0000	790.7751	792.9999	-0.0017
2306	2306.0000	791.4561	793.6666	-0.0017
2308	2308.0000	792.0986	794.3333	-0.0017
2310	2310.0000	792.7810	794.9999	-0.0017
2312	2312.0000	793.4511	795.6666	-0.0017
2314	2314.0000	794.1121	796.3333	-0.0017
2316	2316.0000	794.7351	796.9999	-0.0017
2318	2318.0000	795.4102	797.6666	-0.0017
2320	2320.0000	796.0633	798.3333	-0.0017
2322	2322.0000	796.7593	798.9999	-0.0017
2324	2324.0000	797.4137	799.6666	-0.0017
2326	2326.0000	798.0866	800.3333	-0.0017
2328	2328.0000	798.7347	800.9999	-0.0017
2330	2330.0000	799.3812	801.6666	-0.0017
2332	2332.0000	800.0594	802.3333	-0.0017
2334	2334.0000	800.7222	802.9999	-0.0017
2336	2336.0000	801.4044	803.6666	-0.0017
2338	2338.0000	802.0457	804.3333	-0.0017
2340	2340.0000	802.7239	804.9999	-0.0017
2342	2342.0000	803.3882	805.6666	-0.0017
2344	2344.0000	804.0295	806.3333	-0.0017
2346	2346.0000	804.7197	806.9999	-0.0017
2348	2348.0000	805.3755	807.6666	-0.0017
2350	2350.0000	806.0426	808.3333	-0.0017
2352	2352.0000	806.6938	808.9999	-0.0017
2354	2354.0000	807.3597	809.6666	-0.0017
2356	2356.0000	808.0372	810.3333	-0.0017
2358	2358.0000	808.6632	810.9999	-0.0017
2360	2360.0000	809.3453	811.6666	-0.0017
2362	2362.0000	810.0049	812.3333	-0.0017
2364	2364.0000	810.6575	812.9999	-0.0017
2366	2366.0000	811.3299	813.6666	-0.0017

2368	2368.0000	811.9944	814.3333	-0.0018
2370	2370.0000	812.6516	814.9999	-0.0018
2372	2372.0000	813.3253	815.6666	-0.0018
2374	2374.0000	813.9783	816.3333	-0.0018
2376	2376.0000	814.6274	816.9999	-0.0018
2378	2378.0000	815.2761	817.6666	-0.0018
2380	2380.0000	815.9634	818.3333	-0.0018
2382	2382.0000	816.6256	818.9999	-0.0018
2384	2384.0000	817.2811	819.6666	-0.0018
2386	2386.0000	817.9527	820.3333	-0.0018
2388	2388.0000	818.6077	820.9999	-0.0018
2390	2390.0000	819.2835	821.6666	-0.0019
2392	2392.0000	819.9359	822.3333	-0.0019
2394	2394.0000	820.6461	822.9999	-0.0019
2396	2396.0000	821.2672	823.6666	-0.0019
2398	2398.0000	821.9468	824.3333	-0.0019
2400	2400.0000	822.6063	824.9999	-0.0019
2402	2402.0000	823.2820	825.6666	-0.0019
2404	2404.0000	823.9113	826.3333	-0.0019
2406	2406.0000	824.5851	826.9999	-0.0019
2408	2408.0000	825.2354	827.6666	-0.0019
2410	2410.0000	825.9190	828.3333	-0.0019
2412	2412.0000	826.5918	828.9999	-0.0019
2414	2414.0000	827.2401	829.6666	-0.0019
2416	2416.0000	827.8945	830.3333	-0.0019
2418	2418.0000	828.5599	830.9999	-0.0019
2420	2420.0000	829.2397	831.6666	-0.0019
2422	2422.0000	829.8693	832.3333	-0.0019
2424	2424.0000	830.5351	832.9999	-0.0019
2426	2426.0000	831.1990	833.6666	-0.0019
2428	2428.0000	831.8958	834.3333	-0.0019
2430	2430.0000	832.5388	834.9999	-0.0019
2432	2432.0000	833.2024	835.6666	-0.0019
2434	2434.0000	833.8624	836.3333	-0.0019
2436	2436.0000	834.4936	836.9999	-0.0019
2438	2438.0000	835.1694	837.6666	-0.0019
2440	2440.0000	835.8319	838.3333	-0.0019
2442	2442.0000	836.4960	838.9999	-0.0019
2444	2444.0000	837.1693	839.6666	-0.0019
2446	2446.0000	837.8265	840.3333	-0.0020
2448	2448.0000	838.5141	840.9999	-0.0020
2450	2450.0000	839.1846	841.6666	-0.0020
2452	2452.0000	839.8208	842.3333	-0.0020
2454	2454.0000	840.5254	842.9999	-0.0020
2456	2456.0000	841.1679	843.6666	-0.0020
2458	2458.0000	841.8085	844.3333	-0.0020
2460	2460.0000	842.4788	844.9999	-0.0020
2462	2462.0000	843.1592	845.6666	-0.0020
2464	2464.0000	843.8192	846.3333	-0.0021
2466	2466.0000	844.4658	846.9999	-0.0021
2468	2468.0000	845.1442	847.6666	-0.0021

2470	2470.0000	845.8088	848.3333	-0.0021
2472	2472.0000	846.4718	848.9999	-0.0021
2474	2474.0000	847.1375	849.6666	-0.0021
2476	2476.0000	847.8156	850.3333	-0.0021
2478	2478.0000	848.4791	850.9999	-0.0021
2480	2480.0000	849.1280	851.6666	-0.0021
2482	2482.0000	849.8063	852.3333	-0.0021
2484	2484.0000	850.4601	852.9999	-0.0021
2486	2486.0000	851.1272	853.6666	-0.0021
2488	2488.0000	851.8089	854.3333	-0.0021
2490	2490.0000	852.4708	854.9999	-0.0021
2492	2492.0000	853.1245	855.6666	-0.0021
2494	2494.0000	853.7780	856.3333	-0.0021
2496	2496.0000	854.4584	856.9999	-0.0021
2498	2498.0000	855.1264	857.6666	-0.0021
2500	2500.0000	855.7748	858.3333	-0.0021
2502	2502.0000	856.4443	858.9999	-0.0021
2504	2504.0000	857.1077	859.6666	-0.0021
2506	2506.0000	857.7664	860.3333	-0.0021
2508	2508.0000	858.4311	860.9999	-0.0021
2510	2510.0000	859.0964	861.6666	-0.0021
2512	2512.0000	859.7678	862.3333	-0.0021
2514	2514.0000	860.4403	862.9999	-0.0021
2516	2516.0000	861.0992	863.6666	-0.0021
2518	2518.0000	861.7518	864.3333	-0.0021
2520	2520.0000	862.4191	864.9999	-0.0021
2522	2522.0000	863.0901	865.6666	-0.0021
2524	2524.0000	863.7536	866.3333	-0.0021
2526	2526.0000	864.4146	866.9999	-0.0021
2528	2528.0000	865.0883	867.6666	-0.0021
2530	2530.0000	865.7362	868.3333	-0.0021
2532	2532.0000	866.3959	868.9999	-0.0021
2534	2534.0000	867.0859	869.6666	-0.0021
2536	2536.0000	867.7402	870.3333	-0.0021
2538	2538.0000	868.4186	870.9999	-0.0021
2540	2540.0000	869.0774	871.6666	-0.0021
2542	2542.0000	869.7407	872.3333	-0.0020
2544	2544.0000	870.3984	872.9999	-0.0020
2546	2546.0000	871.0659	873.6666	-0.0020
2548	2548.0000	871.7345	874.3333	-0.0020
2550	2550.0000	872.4140	874.9999	-0.0020
2552	2552.0000	873.0665	875.6666	-0.0020
2554	2554.0000	873.7345	876.3333	-0.0020
2556	2556.0000	874.4133	876.9999	-0.0020
2558	2558.0000	875.0770	877.6666	-0.0020
2560	2560.0000	875.7300	878.3333	-0.0020
2562	2562.0000	876.4083	878.9999	-0.0020
2564	2564.0000	877.0696	879.6666	-0.0020
2566	2566.0000	877.7287	880.3333	-0.0020
2568	2568.0000	878.3907	880.9999	-0.0020
2570	2570.0000	879.0771	881.6666	-0.0020

2572	2572.0000	879.7522	882.3333	-0.0020
2574	2574.0000	880.4093	882.9999	-0.0021
2576	2576.0000	881.0719	883.6666	-0.0021
2578	2578.0000	881.7426	884.3333	-0.0021
2580	2580.0000	882.4124	884.9999	-0.0021
2582	2582.0000	883.0635	885.6666	-0.0022
2584	2584.0000	883.7326	886.3333	-0.0022
2586	2586.0000	884.4031	886.9999	-0.0022
2588	2588.0000	885.0729	887.6666	-0.0022
2590	2590.0000	885.7278	888.3333	-0.0022
2592	2592.0000	886.4009	888.9999	-0.0022
2594	2594.0000	887.0756	889.6666	-0.0022
2596	2596.0000	887.7380	890.3333	-0.0022
2598	2598.0000	888.4089	890.9999	-0.0022
2600	2600.0000	889.0703	891.6666	-0.0022
2602	2602.0000	889.7365	892.3333	-0.0022
2604	2604.0000	890.4050	892.9999	-0.0022
2606	2606.0000	891.0697	893.6666	-0.0022
2608	2608.0000	891.7331	894.3333	-0.0022
2610	2610.0000	892.4044	894.9999	-0.0022
2612	2612.0000	893.0775	895.6666	-0.0022
2614	2614.0000	893.7389	896.3333	-0.0022
2616	2616.0000	894.4022	896.9999	-0.0022
2618	2618.0000	895.0752	897.6666	-0.0022
2620	2620.0000	895.7263	898.3333	-0.0022
2622	2622.0000	896.4093	898.9999	-0.0022
2624	2624.0000	897.0624	899.6666	-0.0022

Results:

Integral -391.66 mg
normalized -60.15
Onset 275.17 -C
Peak 344.05 -C
Endset 375.66 -C

Integral -1.58 mg
normalized -0.24
Onset 459.25 -C
Peak 465.94 -C
Endset 473.64 -C

Texts:

¥!MK-100_tga
MK-100_tga, 6.5113 mg

Sample:

MK-100_tga, 6.5113 mg

Sample Remarks:

Evaluation:

Method:

25-900 20c/dk

Calibration:

From 0.00 to 43.74 min

Tau Lag : $113.3494 + -0.1377 \cdot T + 37.9501 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$ s

Gas Factor : 1.0500

Sensor RTypSDTA

Tc : 25.00 -C

dT : $2.2300 + 7.6200 \cdot 10^{-3} \cdot T + 6.7200 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$ -C

Tau Lag: $-0.9975 + 19.7505 \cdot 10^{-3} \cdot T + -4.1580 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$ s

Sensor UMT5

Pan:

Alumina 70ul

Weight : 0.0000

Material: Aluminiumoxid