

KÖMÜRLERİN KENDİLİĞİNDEN YANMASINDA KÖMÜR RANKİNİN ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI

BÜŞRA DEMİR

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Maden İşletme Ana Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT
Ortak Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özer ÖREN

Ekim - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Büşra DEMİR tarafından hazırlanan “Kömürlerin Kendiliğinden Yanmasında Kömür Rankının Etkisinin Araştırılması” adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jüri tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

02/10/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Ali UÇAR
Anabilim Dalı Başkanı, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT
Danışman, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı


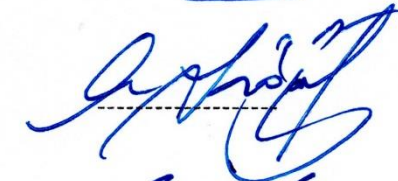
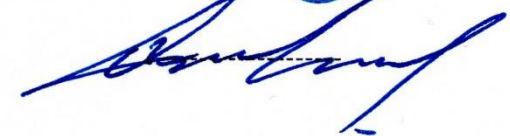

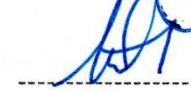

Dr. Öğr. Üyesi Özer ÖREN
Ortak Danışman, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT
Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

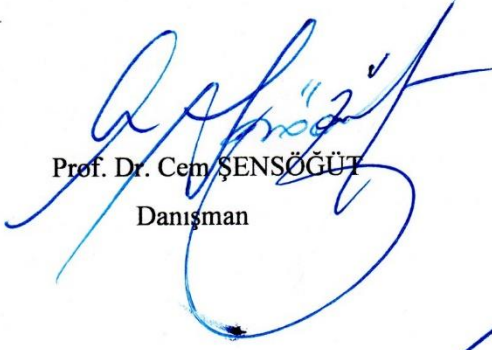
Prof. Dr. Yaşar KASAP
Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim ÇINAR
Maden Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

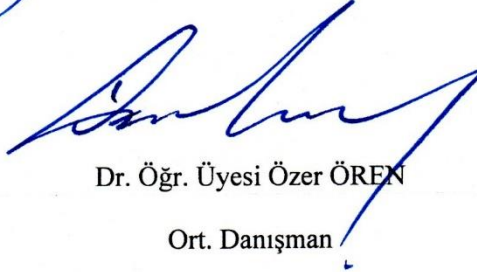
Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %7 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.



Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT
Danışman



Büşra DEMİR
Öğrenci



Dr. Öğr. Üyesi Özer ÖREN
Ort. Danışman

KÖMÜRLERİN KENDİLİĞİNDEN YANMASINDA KÖMÜR RANKININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Büşra DEMİR

Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

Ortak Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özer ÖREN

ÖZET

Ülkemizin başlıca enerji kaynaklarından olan taşkömürü ve linyit ocaklarında gerek yerüstü gerekse yeraltı ve hatta stok sahalarında önemli bir sorun haline gelen kendiliğinden yanma olayının kömür rankının etkisi detaylı bir şekilde incelenmesi planlanmaktadır. Bu bağlamda Zonguldak Türkiye Taşkömürleri Kurumu - Karadon İşletme Müdürlüğü ve Türkiye Kömür İşletmeleri - Garp Linyitleri İşletmesinden alınan taşkömürü ve linyit örneklerinin kendiliğinden yanma yatkinlikleri kesişim noktası metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Özgün olarak bu çalışma kapsamında yapılan deneylerde 3 farklı boyutlardaki reaktör kullanılarak tutuşma sıcaklıkları ve kendiliğinden yanma yatkinlikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kendiliğinden Yanma, Kesişim Noktası Metodu, Kömür Rankı.

INVESTIGATION OF EFFECT OF COAL RANK ON SPONTANEOUS COMBUSTION OF COAL

Büşra DEMİR

Mining Engineering, M. Sc. Thesis

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

Thesis co Advisor: Assist. Prof. Dr. Özer ÖREN

SUMMARY

It is planned to examine in detail the effect of the coal rank on the spontaneous combustion, which has become an important problem both in surface and underground and even in the stockpiles in hard coal and lignite mines, which are the main energy sources of our country. In this context, the spontaneous combustion susceptibility of hard coal and lignite samples obtained from Turkish Hard Coal Enterprises - Karadon Corporation and Turkish Coal - Western Lignite Corporation was determined by using the crossing point method. In this study, ignition temperatures and spontaneous combustion tendencies were determined using 3 different reactors.

Key Words: Spontaneous Combustion, Crossing Point Temperature Method, Coal Rank.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda yardımını esirgemeyen, her konu da bana önder olan danışmanım Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT' e ve tüm aşamalarda ilgisini ve yardımlarını sunan Dr. Öğr. Üyesi Özer ÖREN teşekkürlerimi sunarım.

Bu yaşıma kadar sevgisini, şefkatini esirgemeyen, maddi manevi destek olan, her anımda yanımda olup bana yol gösteren sevgili babam Alaattin DEMİR, annem Sema DEMİR ve kardeşim Murat DEMİR' e sonsuz teşekkür ederim.

Tez araştırmalarımnda gerekli bilgileri temin etmem de yardımcı olan Jeoloji Mühendisi Gökhan KESKİN'e, numuneleri temin etmem de gerekli katkıyı sağlayan Türkiye Taşkömürü Kurumu mühendislerinden Sayın Ahmet SARIALIOĞLU'na ve dostum, meslektaşım Fatih TAŞATAN'a, iş yerimde bana destek olan mesai arkadaşlarıma ve sabrıyla, sevgisiyle, merhametiyle yanımda olan yolum, yoldaşım, hayat arkadaşım Mehmet YILMAZ 'a teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KÖMÜR ÖRNEKLERİNİN TEMİN EDİLDİĞİ İŞLETMELER.....	3
2.1. Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) - Zonguldak	3
2.2. Garp Linyitleri İşletme Müdürlüğü (GLİ) - Kütahya.....	5
3. KÖMÜRÜN YAPISI, OLUŞUMU, SINIFLANDIRILMASI	7
3.1. Kömürün Yapısı	7
3.2. Kömürün Oluşumu.....	7
3.3. Kömürün Sınıflandırılması.....	7
4. KÖMÜRLERDE KENDİLİĞİNDEN YANMA MEKANİZMASI	9
5. KENDİLİĞİNDEN YANMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	11
5.1. Kömürün Yapısından Kaynaklanan Faktörler	11
5.1.1. Kömür rankı	11
5.1.2. Nem içeriği.....	11
5.1.3. Tane boyutu.....	12
5.1.4. Petrografik yapı.....	12
5.1.5. Kömür damarının eğimi ve kalınlığı	12
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	13
6.1. Deney Düzenegi	13
6.1.1. Etüv	13
6.1.2. Kaydedici	14
6.1.3. Reaktörler.....	14
6.2. Analizlerde Kullanılacak Olan Numunelerin Hazırlanma Aşamaları	17
6.2.1. Numunelerin alınması	17

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.2.2. Numunelerin kırılması ve öğütülmesi.....	18
6.3. Kömür Numunelerinin Kimyasal Analiz Sonuçları	19
6.4. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	23
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	28
7.1. Sonuçlar	28
7.2. Öneriler	28
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	29
EKLER	
EK 1. TTK Karadon Müessese Müd. Kilimli İşletmesi Acılık Üretim Panosu Deney Sonuçları ve Sıcaklık-Zaman Eğrileri	
Ek 1.1. TTK Acılık Reaktör-1 (a) Deney Sonuçları	
Ek 1.2. TTK Acılık Reaktör-1 (b) Deney Sonuçları	
Ek 1.3. TTK Acılık Reaktör-1 (c) Deney Sonuçları	
Ek 1.4. TTK Acılık Reaktör-1 (d) Deney Sonuçları	
Ek 1.5. TTK Acılık Reaktör-1 (e) Deney Sonuçları	
Ek 1.6. TTK Acılık Reaktör-2 (a) Deney Sonuçları	
Ek 1.7. TTK Acılık Reaktör-2 (b) Deney Sonuçları	
Ek 1.8. TTK Acılık Reaktör-2 (c) Deney Sonuçları	
Ek 1.9. TTK Acılık Reaktör-2 (d) Deney Sonuçları	
Ek 1.10. TTK Acılık Reaktör-2 (e) Deney Sonuçları	
Ek 1.11. TTK Acılık Reaktör-3 (a) Deney Sonuçları	
Ek 1.12. TTK Acılık Reaktör-3 (b) Deney Sonuçları	
Ek 1.13. TTK Acılık Reaktör-3 (c) Deney Sonuçları	
Ek 1.14. TTK Acılık Reaktör-3 (d) Deney Sonuçları	
Ek 1.15. TTK Acılık Reaktör-3 (e) Deney Sonuçları	
EK 2. TKİ Garp Linyitleri İşletmesi Ömerler Yer Altı A2 Panosu 62 Tahkimat Numunelerinin Deney Sonuçları ve Sıcaklık-Zaman Eğrileri	
Ek 2.1. GLİ A2 Panosu Reaktör-1 (a) Deneyi Sonucu	
Ek 2.2. GLİ A2 Panosu Reaktör-1 (b) Deneyi Sonucu	
Ek 2.3. GLİ A2 Panosu Reaktör-1 (c) Deneyi Sonucu	
Ek 2.4. GLİ A2 Panosu Reaktör-1 (d) Deneyi Sonucu	
Ek 2.5. GLİ A2 Panosu Reaktör-1 (e) Deneyi Sonucu	
Ek 2.6. GLİ A2 Panosu Reaktör-2 (a) Deneyi Sonucu	
Ek 2.7. GLİ A2 Panosu Reaktör-2 (b) Deneyi Sonucu	
Ek 2.8. GLİ A2 Panosu Reaktör-2 (c) Deneyi Sonucu	
Ek 2.9. GLİ A2 Panosu Reaktör-2 (d) Deneyi Sonucu	
Ek 2.10. GLİ A2 Panosu Reaktör-2 (e) Deneyi Sonucu	
Ek 2.11. GLİ A2 Panosu Büyük Reaktör (A) Deneyi Sonucu	
Ek 2.11. GLİ A2 Panosu Reaktör-3 (a) Deneyi Sonucu	

İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa**

- Ek 2.12. GLİ A2 Panosu Reaktör-3 (b) Deneyi Sonucu
Ek 2.13. GLİ A2 Panosu Reaktör-3 (c) Deneyi Sonucu
Ek 2.14. GLİ A2 Panosu Reaktör-3 (d) Deneyi Sonucu
Ek 2.15. GLİ A2 Panosu Reaktör-3 (e) Deneyi Sonucu

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Zonguldak Taşkömürü Havzası İmtiyaz Alanları.....	3
2.2. Zonguldak Karadon İşletme Sınırları.....	4
2.3. Tunçbilek Ömerler yeraltı A2 pano ayna kesiti.....	6
6.1. Carbolite etüv	13
6.2. Kaydedici ve etüv göstergesi.....	14
6.3. Reaktör-1 (R=76.1mm h=130mm).....	15
6.4. Reaktör-2 (R=88.9mm h=160mm).....	15
6.5. Reaktör-3 (R=101.2mm h=200 mm).....	16
6.6. Etüv-reaktör bağlantı parçaları.....	16
6.7. Üç Farklı boyuttaki reaktörler	17
6.8. GLİ A2 panosu (a), Acılık panosu (b)	17
6.9. Numunelerin alınması	18
6.10. Çeneli kırıcı (a), Bilezikli değirmen (b), Titreşimli elek (c)	19
6.11. Kesişim noktası grafiği.....	22
6.12. TTK Acılık panosu Reaktör-1 (a) deneyi sıcaklık-zaman eğrisi	24
6.7. TTK Acılık panosu reaktör-2(a) deneyi sıcaklık-zaman eğrisi	25
6.8. TTK Acılık panosu reaktör-3 (a) deneyi sıcaklık-zaman eğrisi	26

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Dünyadaki lider linyit üreticileri (Mton).....	1
2.1. ASTM Kömür Sınıflaması	8
2.2. Uluslararası Kömür Sınıflanması	8
6.1. Taşkömürü numunelerinin kimyasal analiz sonuçları	20
6.2. GLİ linyit numunelerinin kimyasal analiz sonuçları	21
6.3. FCC indeksine göre kendiliğinden yanma yatkınlıkları.....	23
6.4. Acılık Panosu Reaktör-1(a) deneyi sonuçları.....	24
6.5. Acılık Panosu Reaktör-2 (a) deneyi sonuçları.....	25
6.6. Acılık Panosu Reaktör-3 (a) deneyi sonuçları.....	26
6.7. Deney sonuçları.....	27

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

CO ₂	Karbondioksit
CO	Karbonmonoksit
H ₂	Hidrojen
C	Karbon
Kcal/kg	kilokalori/kilogram
°C	santigrat derece

Açıklama

Kısaltmalar

BP	British Petroleum
MTEP	milyon ton eşdeğer petrol
IEA	International Energy Agency
TMMOB	Türkiye Maden Mühendisleri Odası Birliği
ASTM	Amerikan Society for Testing Materials
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
UN-ECE	International Coal Classification of the Economic Commission for Europe

Açıklama

1. GİRİŞ

Ülkemizde en çok talep edilen enerji kaynaklarından biri olan kömür, hem geniş ve kapsamlı rezervlere sahip olmasından hem de ekonomik olmasından dolayı önemli bir rol oynamaktadır. Gelişen nüfus artışına istinaden enerji talebinin artması gözleri birincil enerji kaynağı olan kömüre çekmiştir.

British Petroleum (BP)'nin 2018 raporuna göre; 2013 yılından günümüze kadar kömür tüketimi dünya üzerinde 25 mtep (milyon ton eşdeğer petrol) artış gözlemlenmiştir. 2018 yılı enerji gelişimi 2017 yılına oranla %2,2 artış gösterirken, son on yılda ortalama %1,7 artışla enerji tüketimi olduğunu belirlemiştir. Bunun yanı sıra Çin gibi büyük ülkelerde hızlı nüfus artışına ve sürekli büyüyen sanayi gelişimlerdeki enerji talebine karşılık birincil enerji kaynaklarındaki üretim yaklaşık olarak 56 mtep olarak artmıştır.

Petrol, doğalgaz ve yenilebilir enerji kaynaklarına (güneş, rüzgâr enerjisi) oranla enerji sektöründe kömür halen önde gelen enerji kaynakları arasında yerini korumaya devam etmektedir. International Energy Agency (IEA) 2018 raporlarına göre ülkemizde linyit üretimi 2017 yılında 74,1 mt ile dünya çapında majör ülkeler arasında yerini almıştır.

Çizelge 1.1. Dünyadaki lider linyit üreticileri (Mton), (IEA, Coal Information: Overview, 2018).

ÜLKELER	2015	2016	2017
ALMANYA	178,1	171,5	171,3
RUSYA	73,6	73,5	75,6
TÜRKİYE	56,1	70,2	74,1
ABD	64,9	66,3	63,6
POLONYA	63,1	60,2	61,2
AVUSTRALYA	65,4	61,5	57,3
HİNDİSTAN	43,8	45,2	47,5

Kömürün kendiliğinden yanması yeraltı ve yerüstü kömür sahalarında, kömür stok alanlarında hatta nakliyesi esnasında gerçekleşebilir (Barış, 2006).

Kömürün kendiliğinden yanması aynı zamanda toprağın dengesinin bozulmasına, asit yağmurlarına, çevre kirliliğine ve bitki örtüsünün zarar görmesi gibi birçok ciddi ekolojik çevre sorunlarına neden olan doğal afettir (Stracher, 2004).

Kömürün kendiliğinden yanmasına ilişkin Ilgın Linyitleri üzerinde yapılan deneyler sonucunda kendiliğinden yanma yatkınlığı “Orta Risk” olarak belirlenmiştir (Çınar, 2006).

Zonguldak bölgesinden alınan taşkömürü numuneleri üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda bölgedeki kömürlerin tutuşma sıcaklıklarının 170-186°C arasında değiştiği ve kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının “Zayıf Risk” grubunda yer aldığı neticesine varılmıştır (Karaçam vd.,1988).

Seyitömer, Garp linyitleri İşletme Müdürlüğü ve Değirmisaz linyitlerinin kendiliğinden yanma davranışlarının belirlenmesi için yapılan çalışmada “Kesişim Noktası Metodu” kullanılarak Seyitömer ve Değirmisaz linyitlerinin “Orta Risk” Garp Linyitlerinin kendiliğinden yanma yatkınlığı ise “Yüksek Risk” grubu olarak tespit edilmiştir (Ören, 2007).

Kömürün kendiliğinden yanmasını önlemek adına birçok çalışmalara yer verilmiştir. Kömürün kendiliğinden yanmasında karakteristik özelliklerinden kömürleşme derecesinin (rank) etkisini araştırmak üzere farklı ranklara sahip olan Taşkömürü ve Linyit numuneleri için; özel olarak tasarlanmış 304 kalite paslanmaz çelikten imalat edilmiş üç farklı çap ve yükseklikte ki reaktörler ile toplamda 30 adet deney yapıp, “Crossing Point Metot (Kesişim Noktası Metodu)” kullanılarak kömürlerin tutuşma sıcaklıkları tespit edilip kendiliğinden yanmaya yatkınlık indeksleri belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda yüksek ranklı kömürlerde reaktör boyutu tutuşma sıcaklığına ve buna binaen risk durumunda etki göstermezken, düşük ranklı kömürlerde aksi mevcuttur.

2. KÖMÜR ÖRNEKLERİNİN TEMİN EDİLDİĞİ İŞLETMELER

2.1. Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) - Zonguldak

Zonguldak taşkömürü havzası Osmanlı Devleti döneminde Teskere-i Samiye ile belirtilen sınırlarda 13.350 km²'lik alanda faaliyette bulunurken bu sınırlar 2000 yılından itibaren Bakanlar Kurulu Kararı ile 3.000 km²'si denizde, 3.885 km²'si karada olmak üzere toplam da 6,885 km²'lik alanda üretim çalışmalarına devam etmektedir (Türkiye Taş Kömürü Faaliyet Raporu, 2017).

Ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayan taşkömürü üretimi Zonguldak havzasında beş farklı müessese olarak çalışmalarını sürdürmektedir. Bunlar Amasra, Kozlu, Karadon, Üzülmez, Armutçuk Müesseseleridir. T.T.K.'de 2018 yılında ki toplam taşkömürü tüvenan üretimi 1.205.240 ton iken satılabilir taşkömürü üretimi ise 686,142 ton olarak üretim rakamlarındaki yerini almıştır (www.taskomuru.gov.tr).



Şekil 2.1. Zonguldak Taşkömürü Havzası İmtiyaz Alanları (Türkiye Taşkömürü Kurumu Faaliyet Raporu, 2018).

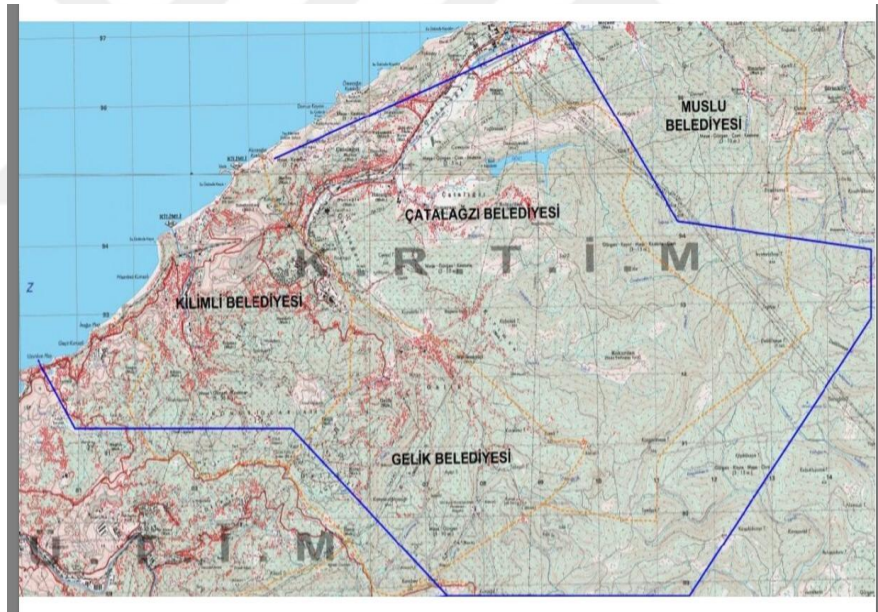
Zonguldak bünyesinde faaliyet göstermekte olan taşkömürü ocaklarında 17 uzun göçertmeli ayak, 2 yarı mekanize ayak olmak üzere 2018 yılında toplam 19 ayak ve 2 tumba panoda üretim faaliyetleri yapılmıştır. Genel olarak Zonguldak bölgesinde taşkömürü ocaklarında

ortalama üretim ağırlıklı derinlik kotu -381 metre, yatım 24° 'dir. Toplam ayak boyu ise 1,976 metre, ortalama çalışma oranı ise %35, ortalama damar kalınlığı 2,78 metredir.

180 yıllık geçmişe sahip olan Zonguldak havzasının en eski üretim sahasına sahip olan Karadon Müessesesi, Zonguldak'ın 12 km doğusunda yer alır. 32 km²'lik üretim alanına sahiptir.

Karadon kömürleri karbonifer devrinde oluşmuş kömür türüdür. Tektonik olaylar sebebiyle Üzülmüş ve Karadon işletmeleri arasında kalan bölge de senklinal ve antiklinal oluşumları işletme faaliyetlerine engel teşkil eden durumlar açığa çıkmıştır. Birçok fay hatları bu bölgeden geçmektedir bunların bazıları Motris, bis.1-2-3-4 Nolu faylardır.

Damar kalınlıkları 100-300 metre arasında değişirken 2015 yılı sonu itibariyle ocak açıklığı ise 128 m'dir. 18 adet kömür damarında üretim çalışmaları yapılmaktadır (www.taskomuru.gov.tr).



Şekil 2.2. Zonguldak Karadon İşletme Sınırları (www.taskomuru.gov.tr).

Deneylerde kullanacağımız taşkömürü numuneleri T.T.K. Karadon Müessesesi Kilimli İşletme Müdürlüğü – 360 / -460 kotlarında çalışmakta olan Acılık üretim panosundan alınmıştır. Acılık Ayak 200 metre (50 sarma)' den oluşup, ortalama eğimi 22° 'dir. Numunemiz 160.metreden (40.sarmadan) alınmıştır.

2.2. Garp Linyitleri İşletme Müdürlüğü (GLİ) - Kütahya

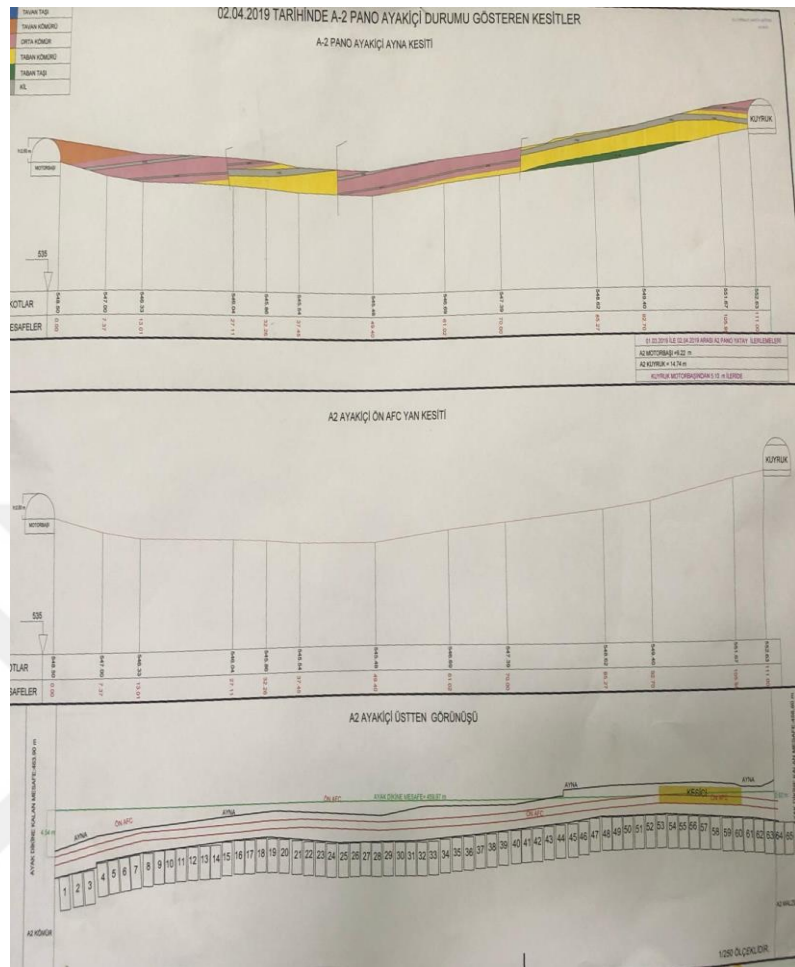
Kütahya ili Tavşanlı-Domaniç-İnegöl karayolu üzerinde Tunçbilek bölgesinde bulunan linyit ocakları öncesinde Değirmisaz, Tunçbilek ve Soma işletmeleri olarak kurulmuş Etibank bünyesinde faaliyet göstermiştir.1957 yılında 6974 sayılı kanunla Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ) içerisine dâhil edilmiş olup, 1941 yılında ise merkezi Kütahya ili Tavşanlı ilçesine taşınmıştır.

Kütahya bölgesinde yer alan Seyitömer ise 01.06.1960 tarihinde işletmenin bir kolu olarak ayrı bir üretim bölgesi olarak gösterilmiştir.1966 yılında rezerv tükendiği için Değirmisaz İşletmesi kapatılmıştır.1978 yılında faaliyet göstermeye başlayan Ege Linyitleri İşletmesine (ELİ) Soma linyitleri İşletmesi devredilmiştir.1990 yılında kurulan Seyitömer Linyitleri İşletmesine(SLİ) o civardaki üretim bölgesi olarak gösterilen linyit havzası devredilmiştir (Çelik, 2005).

12.02.2004 tarihinde Ilgın Linyitleri İşletmesi ile birleştirilerek 01.04.2004 tarihinden itibaren Müessese Müdürlüğü'ne dönüştürülmüştür. Sınırlı Sorumlu Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü olarak çalışmalarına devam etmektedir.

4364 ruhsatlı sahada çalışmalarına devam etmekte olan işletme Tavşanlı- İnegöl karayolunda, Tavşanlı'ya 13 km, Kütahya'ya 63 km uzaklıktadır. Garp Linyitleri İşletmesi Kütahya ili Tavşanlı ve Domaniç sınırları içerisinde kalan bölgede yer altı ve yerüstü ocak işletmeleriyle faaliyet göstermekte olan kurumdur. Türkiye linyit rezervinin %4,6'sını bu havzadan karşılanmaktadır (www.gli.gov.tr).

Paleozoyik yaşlı metamorfik şist ve kristalize kireçtaşlarına rastlanmıştır. Paleozoyik üzerinde diskordan olarak Kretase yaşlı ultrabazik kayalar ile radyolaritler gözlemlenmiştir. Neojen yaşlı birimi üzerinde diskordan olarak bulunan neojen, miyosen ve pliyosen ile temsil edilmiştir. Miyosen; kumtaşı, konglemera (m1), marn (m2), kireçtaşı (m3m), kumtaşı-konglemera (m3b) olmak üzere dörde ayrılmıştır. Pliyosen; tüfit (p13), kireçtaşı p12), bazalt (V), kireçtaşı (p14) olmak üzere dörde ayrılmıştır (Özer, 2006).



Şekil 2.3. Tunçbilek Ömerler yeraltı A2 pano ayna kesiti.

Deneylerde kullanılacak olan linyit numuneleri Ömerler yeraltı A2 panosundan, dilim kalınlığı 8 metre, 62 tahkimat numaralı taban kömüründen alınmıştır.

3. KÖMÜRÜN YAPISI, OLUŞUMU, SINIFLANDIRILMASI

3.1. Kömürün Yapısı

Kömür; fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip birden fazla içerikten oluşan bir yapıdır (Korkmaz, 1994). Genellikle doğada kahve ve siyah tonları arasında renk çeşitliliği gösteren, içerisinde karbon, hidrojen, kükürt, azot, oksijen bulunan uzun yıllar ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucu oluşan yanabilen, sedimanter kayadır (TMMOB, Enerji ve Kömür Raporu, 2015).

3.2. Kömürün Oluşumu

Delta, alüvyon, deniz ve göl kıyıları ile çizgisel gidişli denizel kıyı düzlükleri gibi sığ, organik maddece zengin yelpazeye sahip indirgen ortamlarda oluşurlar.

Kömürleşmenin gerçekleştiği alanlar dört başlıkta sınıflandırırız;

1. Alüvyonal yer alan dağıtım kanalları arasındaki koylarda ve bataklıklarda
2. Alt ve üst delta düzlükleri ve bunların geçiş bölümlerinde
3. Kıyısız kum barlarının gerisindeki lagünlerde
4. Gölsel alanların kıyı bölgelerinde gelişen bataklıklarda kömür oluşabilir.

Bu alanlarda oluşan bitkisel kökenli yapılar mikroorganizmalar tarafından reaksiyona uğrayarak turbaya dönüşür. Zamanla turbalardaki uçucu maddeler giderek azalır, buna karşılık karbon miktarı artar böylelikle kömür oluşur bu oluşum süreci 'Kömürleşme' olarak tanımlanır (Yağmurlu, 1980).

Kömürleşme süreci iki ana başlık altında incelenmektedir. Turbalaşma olarak da bilinen biyokimyasal süreç diğeri ise kömürleşme evresini kapsayan jeokimyasal süreçtir (Ocakoğlu, 2013).

3.3. Kömürün Sınıflandırılması

Kömürün sınıflandırılmasında en önemli husus içeriğindeki yapılar, karakteristik özellikleri, jeolojik yapısı, petrografik özellikleri, ekonomik değeri, piyasa değeri gibi parametreler doğrultusunda çeşitli sınıflandırmalara yer verilmiştir. Bunlardan en bilinen ve yaygın olarak kullanılan iki sınıflandırma ölçütü vardır. Birincisi; Amerikan Society for Testing Materials (ASTM), diğeri ise International Coal Classification of the Economic Commission for Europe (UN-ECE)' dir (TMMOB, Enerji ve Kömür Raporu, 2015).

UN-ECE ise kömürleri iki farklı grupta değerlendirmektedir.

1. Üst ısı değeri 5732 kcal/kg daha az olan kahverengi kömürler
2. Üst ısı değeri 5732 kcal/kg daha fazla olan taşkömürü

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)'de kömürleri iki ana başlık altında toplarken, 16500 kcal/kg daha aşağı ısı değere sahip olan kömürleri linyit olarak ele alıp, 16500 kcal/kg daha fazla ısı değere sahip olanları ise taşkömürü olarak nitelendirmektedir.

Dünya üzerinde kömürleri aynı payda toplamak adına Uluslararası Enerji Ajansı da UN-ECE gibi 2010 yılında aldığı kararlar arasında kömürlerin sınıflandırmasını iki başlık altında toplamıştır (TMMOB, Enerji ve Kömür Raporu, 2015).

Çizelge 2.1. ASTM Kömür Sınıflaması (Ören, 2015).

Sınıf	Grup	Sabit Karbon ^a (%)	Uçucu Madde ^a (%)	Isıl Değer ^b (Btu/lb)	Isıl Değer ^b (kcal/kg)
ANTRASİT	Meta-antrasit	>98	<2		
	Antrasit	92-98	2-8		
	Yarı-Antrasit	86-92	8-14		
BİTÜMLÜ	Düşük uçuculu	78-86	14-22		
	Orta uçuculu	69-78	22-31		
	Yüksek uçuculu-A	<69	>31		
	Yüksek uçuculu-B			>14000	>7778
	Yüksek uçuculu-C			13000-14000	7222-7778
ALTBİTÜMLÜ	Alt bitümlü-A			10500-11500	5833-6388
	Alt bitümlü-B			9500-10500	5277-5833
	Alt bitümlü-C			8300-9500	4611-5277
LİNYİT	Linyit-A			6300-8300	3500-4611
	Linyit-B			<63000	<3500

^a: kuru, mineral maddesiz

^b: mineral maddesiz, orijinal nemli

1957 yılında Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından kömürler iki genel grup olarak belirlenmiştir (Sekizinci beş yıllık kalkınma planı, Enerji Hammaddeler Alt Komisyonu Kömür Çalışma Grubu, 2001).

Çizelge 2.2. Uluslararası Kömür Sınıflaması (IEA, 1983).

1)SERT KÖMÜRLER	2)KAHVERENGİ KÖMÜRLER
a) Koklaşabilir kömürler	a) Alt bitümlü kömürler: 4,1656-5700 kcal/kg kalorifik değerleri arasında olan kömürler
b) Koklaşmayan kömürler • Bitümlü kömürler • Antrasit	b) Linyitler: 4,1656 kcal/kg kalorifik değeri altında olan kömürler

4. KÖMÜRLERDE KENDİLİĞİNDEN YANMA MEKANİZMASI

Birçok deneylere ve araştırmalara konu olan kömürün kendiliğinden yanması günümüzde de halen sorun teşkil etmektedir. Yeraltı maden ocakları, yerüstü maden ocakları, depolama ve torbalama alanlarında en büyük sorun olarak kömürün kendiliğinden yanması; ilerleyen aşamalarda önlenemeyen büyük yangınlara sebep olup can ve mal kayıplarına sebep olabilir. Bu tarz problemlerin önüne geçmek adına erken müdahale yapılmasıyla tehlike boyutunun azalması için çalışmalar hızla devam etmektedir. Kömür içeriğindeki bileşimler dolayısıyla yanabilen bir yapıya sahiptir. Bu da kendiliğinden yanmanın ana parametresi olmasına sebeptir.

Dünya üzerinde ki kömür rezervlerinin varoluşu, buna karşılık hızla gelişen ve büyüyen dünya nüfusunun daha çok endüstri ve sanayi alanında birincil enerji kaynakları arasında yer alan kömüre olan talebi, bu çalışmaların devamlılığını destekler şekildedir. Nitekim birçok enerji kaynakları olmasına rağmen kömüre olan bağımlılık ekonomik olmasından dolayı birçok ülkeler, firmalar ve kurumlar tarafından önemli bir boyut kazanmıştır.

Kömürün kendiliğinden yanması sonucu açığa çıkan yangınların çoğu madencilik faaliyetlerinin yürütüldüğü esnada gerçekleşse de bir kısımda daha önce faaliyeti sonlanmış kömür damarlarında doğal sebeplerden dolayı da yangınların meydana çıktığı gözlemlenmiştir (İnal,2019).

Bitki kalıntılarının oluşturduğu maddeler uygun bataklıklarda birikip, çökeldikten sonra uzun yıllar jeolojik işlemlere maruz kalıp yeraltında katman oluştururlar. Bu katmanlarda basınç ve ısıya maruz kalırlar. Etkilenme sonucu fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar açığa çıkar, bunun sonucunda turba adını verdiğimiz yapılar oluşur, zamanla koyu renklere sahip olup sertleşirler. Sıcaklık ve basıncın etkisiyle turba ve taşkömürü oluşumuna kadar su ve su buharı, karbondioksit (CO₂), oksijen (O₂) ve antrasit oluşumu esnasına kadar da hidrojen (H₂) uzaklaşır. Uzun süren bir süreç ve ideal şartlar sağlandığında bu aşamalar devam eder. Turbadan grafitte kadar olarak ilerleyen değişim sürecine kömürleşme (coalification), ulaşılan seviyeye ise kömürleşme derecesi(rank)denir (TMMOB, Enerji ve Kömür Raporu, 2015).

Kömürleşme genellikle tektonik olaylarla kömürlerin petrografik yapısı ve karakteristik özellikleri arasında sıkı bir ilişki vardır. Kömürleşme olayı daha çok tortullaşma ve sübsidansın birlikte gerçekleştiği ortamlarda oluşur (Yağmurlu, 1980).

Turbaların sıcaklık değişimi, basınç ve süreçteki reaksiyonlarla kömürleşme süreci belirlenir. Doğal kok diye adlandırılan kömürler magmatik ısıdan uzaklaştıkça kömürleşme dereceleri azalır (Ocakoglu, 2013).

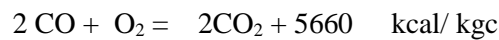
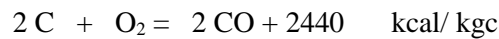
Kömürleşme derecesi kömürlerin sınıflandırılmasında önemli yer teşkil eder. Nitekim kömürün rankı, turbadan grafit kadar ilerleyen her basamağı ticari açıdan ekonomik değerlerin belirlenmesinde belirleyici unsurdur.

Oksijen kaynaklı, içeriğinde karbon bulunduran yapıların kendi kendine yanmasına etki eden iki ana unsur vardır. Birincisi atmosferik koşullarda aşırı yüklü malzemelerin (şeyl, kumtaşı vb.) kömür yüzeyinde birikmesidir. İkincisi ise kömürün jeolojisidir (Onifade, 2018).

Kömürün kendiliğinden yanma mekanizması geçmişten günümüze birçok araştırmalara konu olmuş ve birden fazla teorilerle bu olay ispatlamıştır. Bu teorilerden başlıcalarını şöyle sıralamak gerekirse; bakteri teorisi, fenil teorisi, pirit teorisi, serbest radikal reaksiyonu, hidrojen reaksiyonu, aktivasyon grup reaksiyonu ve kömür – oksijen etkileşimi teorisidir. Kömür – oksijen etkileşimi teorisi bu çalışmalar arasında en fazla kullanılan teori olarak araştırmalara konu olmuştur (Qi vd. 2010). Kömürün kendiliğinden yanmasını XK-III cihazı ile araştırılmıştır (Mao vd., 2013).

Kömürün kendiliğinden yanmasında kömürün derecesi, kükürt içeriği, partikül büyüklüğü, oksijen konsantrasyonu, nem oranı, hava akış hızı gibi fiziksel-kimyasal faktörlerden etkilenerek oluşan reaksiyon süresidir (Li vd., 2018; Avila vd., 2014; Küçük vd., 2003). Kömür havayla teması geçtiği ilk andan itibaren, O₂ (oksijen) kömürün yüzeyinde adsorbe olur ve difüzyon yoluyla tüm gözeneklere dolar. Reaksiyon sonucu ortamda ısıveren bir olay gerçekleşir. Açığa çıkan ısı havayla temas ederek kızışma olayı gerçekleşir ve bu esnada sıcaklık artar. Sıcaklığın artmasıyla peroksitler açığa çıkar ve 70-85°C de peroksitler parçalanarak CO ve CO₂ salınımı başlar. 100 °C ulaşıncaya kömürün içindeki su buharlaşır ve 130 °C'yi geçince ısıya dayanıklı kömür- O₂ yapısı açığa çıkar (Yılmaz, 2016).

Bahsi geçen reaksiyon;



Reaksiyonun tekrarlanmasından dolayı sıcaklık artar ve kömür yanmaya başlar. Kömürünün oksidasyonu için kömürün varlığı ve oksijen yeterlidir (Yılmaz, 2016).

5. KENDİLİĞİNDEN YANMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kömürün kendiliğinden yanmasında etkili faktörleri iki başlıkta incelenmiştir. Birincisi kömürün karakteristik özelliklerini barındıran kömürün yapısı, ikincisi ise çevre koşullarıdır (Karpuz, 2000).

Kömürün yapısı ile ilgili kendiliğinden gelişen yanmaları şu şekilde sıralamak mümkündür (Kural, 1994);

- Kömürün rankı
- Nem içeriği
- Tane boyutu
- Petrografik yapısı
- Kömür damarının eğimi, kalınlığı

Çevresel sebeplerden dolayı oluşan kendiliğinden yanmaları etkileyen faktörler ise;

- ✓ Sıcaklık
- ✓ Kömür ocağındaki üretim yöntemi
- ✓ Havalandırma ki basınç
- ✓ Ocaktaki ilerleme hızı
- ✓ Maden ocağında daha önce sonlandırılmış kömür damarlarında oluşan oksidasyonu sonucu kömür kayıpları
- ✓ Ocaktaki kalifiyeli işçilik
- ✓ Ocakta kullanılan makineler

5.1. Kömürün Yapısından Kaynaklanan Faktörler

5.1.1. Kömür rankı

Kömürleşme derecesi arttıkça ısı değeri, hava geçirgenliği artarken içeriğindeki nem oranı, oksijen, hidrojen gibi fonksiyonel gruplar azalmaktadır (Qi vd., 2011; Speight, 2013; Gürdal vd., 2015).

Genel olarak düşük ranklı kömürler yüksek ranklı kömürlere oranla kendiliğinden yanmaya daha yatkın kömürlerdir (Ramlu,1991).

5.1.2. Nem içeriği

Hava koşullarının yağışlı olduğu zamanlarda stokların tutuşması ve ocaklarda nemli bölgelerde ve aylarında yangınların çok görülmesi bu parametreye dikkat çekmektedir. Bu

bağlamda kızışma olaylarında su ile müdahale edildiğinde kızışmanın hızlandığı bilinen bir detaydır (Didari, 1986).

Düşük nem miktarı kızışmayı hızlandırırken, yüksek nem miktarının ise yavaşlattığını söylemek mümkündür (Chamberlain vd., 1973).

5.1.3. Tane boyutu

Oksidasyonda kömürün yüzey alanı ile doğrudan bağlantılıdır yani ince taneli yapıların oksidasyonu daha fazladır (Didari, 1986).

Belli bir seviyeye kadar oksidasyonda hızlandırıcı etkisi olduğu fakat belli bir eşik değerinden sonra bu etkinin kaybolduğu bazı araştırmalar ve çalışmalar sonucu görülmüştür (Özdeniz, 2003).

5.1.4. Petrografik yapı

Petrografik bileşimlerin kendiliğinden yanmaya etkisi tam olarak nitelik kazanmamıştır fakat kömür yapısında ki litotiplerden vitren, klaren kolay yanmakta, düren ve fügen ise daha geç yanmaktadır. Yüksek ısıya maruz kaldığında ise fügenin de aynı kolaylıkta yanabildiği bilinmektedir (Feng vd., 1973).

5.1.5. Kömür damarının eğimi ve kalınlığı

Genel olarak kalın damarların bulunduğu ocaklarda, yüksek kotlarda çalışılan derin ocaklarda, göçüklerin yeryüzünde hissedildiği sığ üretim sahalarında yangın olasılıkları yüksektir (Didari, 1986).

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. Deney Düzeneđi

Taşkömürü ve linyit numunelerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıkları çalışmaları Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Kendiliğinden Yanma Laboratuvarında gerçekteşmiştir. Deneylerde doğrusal olarak artmaya programlanmış etüv, hava miktarını ölçmeye yarayan flowmetre, kömür oksidasyonu için gerekli havayı sağlamak için oksijen tüpü, kömür numunelerinin içerisine koyulduğu reaktörden oluşmaktadır.

6.1.1. Etüv

Kendiliğinden yanma analizlerinin yapılmasında reaktörlerin koyulduğu ortam ısısını sağlayan Carbolite marka programlanabilen etüv kullanılmıştır. İlk olarak etüv oda sıcaklığından itibaren 10 dk'lık bir süre de 30°C' ye kadar ısıtılıp sonrasında ise doğrusal olarak 5°C'lik artışlarla 220°C ye kadar ısıtılıp deney sonlandırılmaktadır.



Şekil 6.1. Carbolite etüv.

6.1.2. Kaydedici

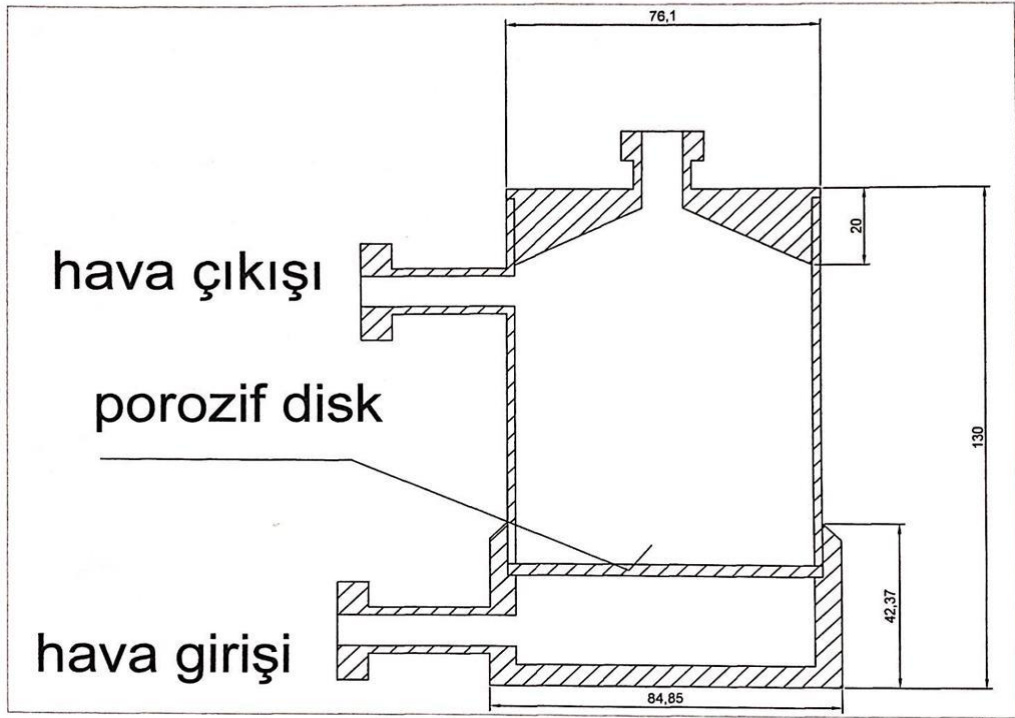
Linyit ve taşkömürü numunelerinin sıcaklıklarını ölçmek için kullanılmaktadır. Bir ucu kaydediciye bağlı diğer ucu ise reaktör içinde bulunan termoçift ile sıcaklığın doğrusal artışını kaydetmektedir. Üzerinde bulunan ekran görüntüsüyle sıcaklık değişimleri hem etüv için hem de kaydedici için değerleri göstergelerden aktarmaktadır.



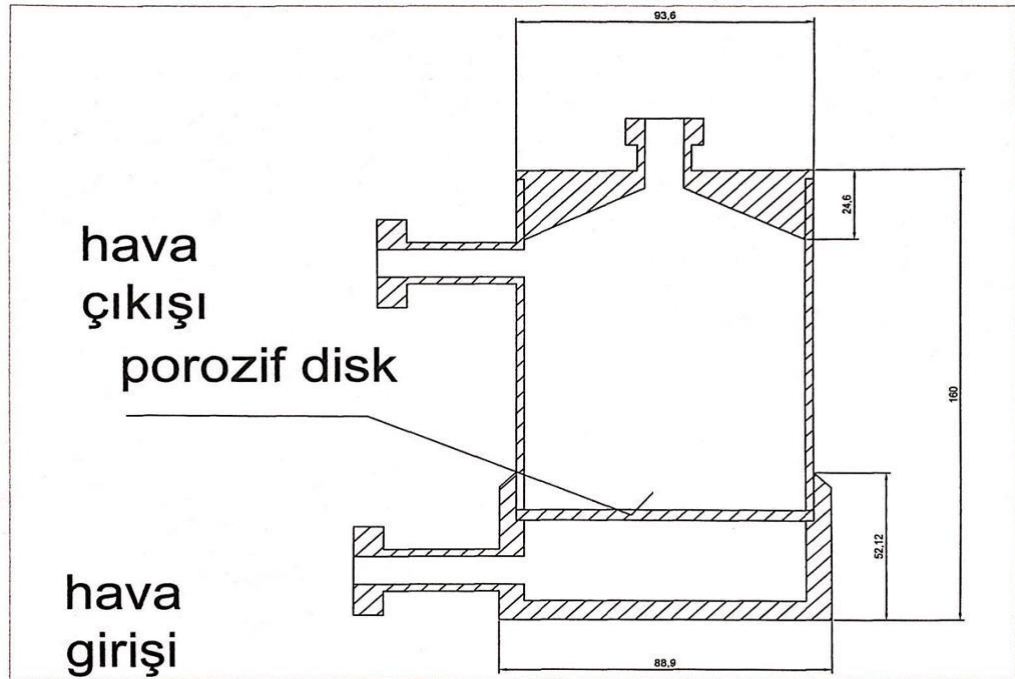
Şekil 6.2. Kaydedici ve etüv göstergesi.

6.1.3. Reaktörler

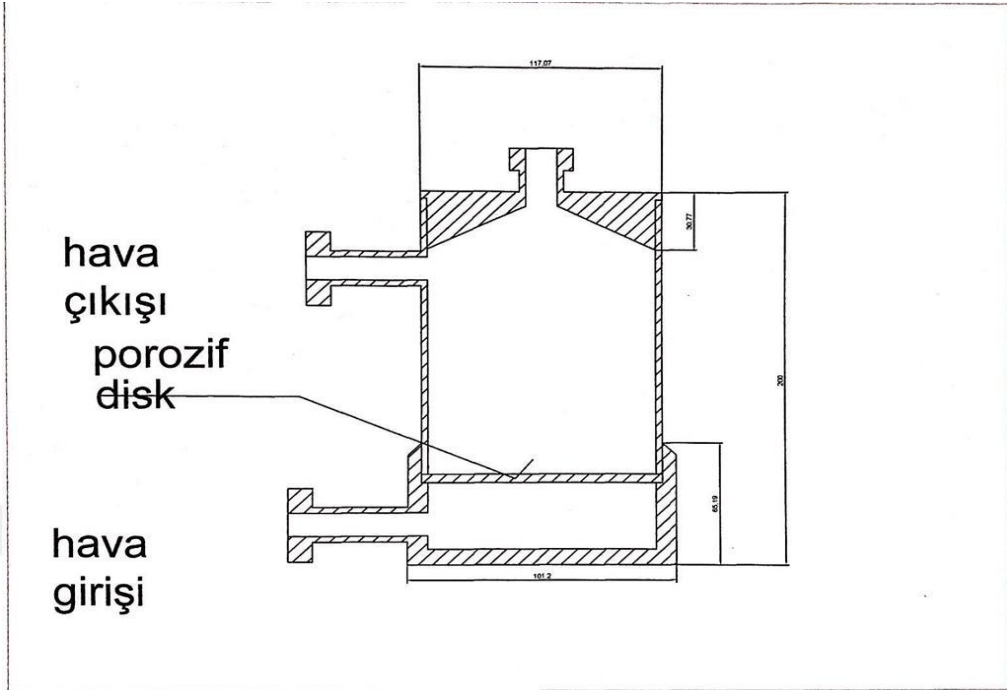
Kömürün kendiliğinden yanmasının incelenmesi için, numunelerin içerisine konulduğu 304 kalite paslanmaz çelikten imalatı yapılmış olan reaktörlerimiz üç farklı boyutta tasarlanmıştır. Birinci reaktör boyutları $R=76.1$ mm $h=130$ mm, ikinci reaktör boyutları $R=88.9$ mm $h=160$, üçüncü reaktör boyutları ise $R=101.2$ mm $h=200$ mm ölçülerindeki reaktörlerimize yine 80mm-90mm - 100mm por 0 seramik filtreler yerleştirilmiştir. Bağlantı rekorları ve nipellerle kurulumu yapılmıştır. Reaktöre hava girişi için alt giriş, oksidasyon sonucu oluşan gazın reaktörden atılmasını sağlayan üst çıkış bulunmaktadır.



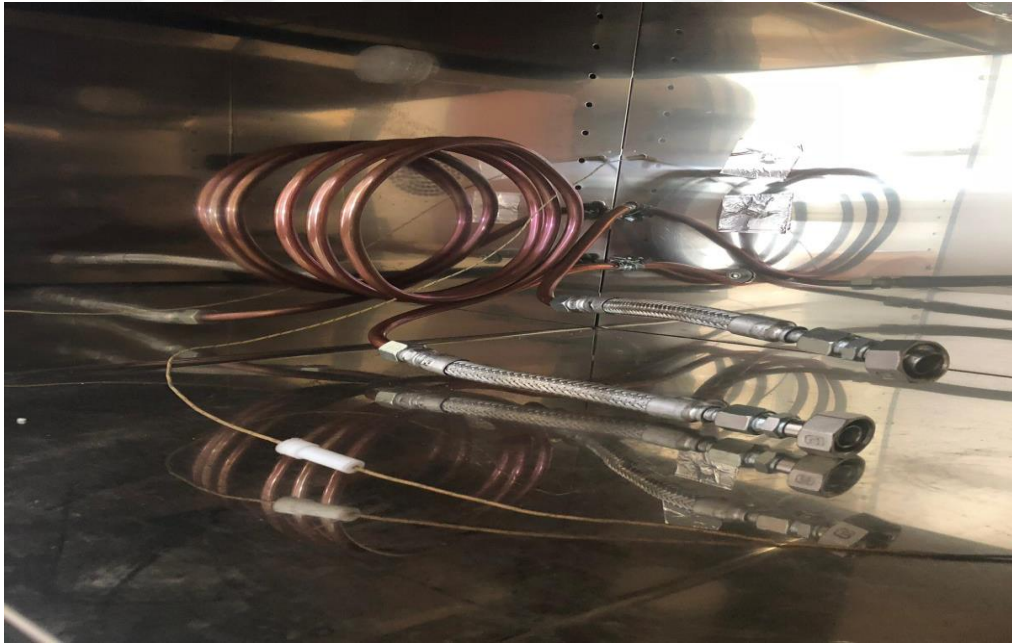
Şekil 6.3. Reaktör-1 (R=76.1mm h=130mm).



Şekil 6.4. Reaktör-2 (R=88.9mm h=160mm).



Şekil 6.5. Reaktör-3 (R=101.2mm h=200 mm).



Şekil 6.6. Etüv-reaktör bağlantı parçaları.



Şekil 6.7. Üç Farklı boyuttaki reaktörler.

6.2. Analizlerde Kullanılacak Olan Numunelerin Hazırlanma Aşamaları

6.2.1. Numunelerin alınması

Kendiliğinden yanma deneyleri için linyit numuneleri Kütahya Bölgesinin Tunçbilek yöresinde yer alan Garp Linyitleri İşletmesi Ömerler Yer altı Maden Ocağı; A2 panosu 62 tahkimattan alınmıştır. Taşkömürü numuneleri ise T.T.K. Zonguldak – Karadon Kilimli İşletme Müdürlüğü Acılık damarından alınmıştır. Numune alma işleminde oluk yöntemi kullanılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 6.8. GLİ A2 panosu (a), Acılık panosu (b).



Şekil 6.9. Numunelerin alınması.

6.2.2. Numunelerin kırılması ve öğütülmesi

İşletmelerden temin edilen linyit ve Karadon Acılık üretim panosundan alınan taşkömürü numuneleri Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında 35gr,

100gr,300 gr'lık - 200 mesh (-75 μ m) boyutlara indirilerek hava sızdırmaz kilitli numune poşetlerine koyulup deneylere hazır hale getirilmiştir. Kırma ve öğütülmesi için kullanılan cihazlar Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6.10. Çeneli kırıcı (a), Bilezikli değirmen (b), Titreşimli elek (c).

6.3. Kömür Numunelerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Çalışmalarda kullandığımız kömür numunelerinin kimyasal analizleri Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Ege Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü Laboratuvar Şube Müdürlüğü Kömür Deney Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Çizelge 6.1. Taşkömürü numunelerinin kimyasal analiz sonuçları.

Deneyle	Birim	Orijinal Baz	Kuru Baz	Deneyle Metodu
Toplam Nem	%	0,9	---	*TS ISO 589-B
Kül	%	9,25	9,33	*ASTM D 7582
Uçucu madde	%	25,71	25,94	*ASTM D 7582
Sabit karbon	%	64,14	64,73	*ASTM D 7582
Toplam kükürt	%	0,34	0,34	*ASTM D 4239
Üst ısı değeri	kcal/kg	7601	7670	ASTM D 5016
Alt ısı değeri	kcal/kg	7358	7430	*ASTM D 5865
Hidrojen**	%	4,57	4,61	*ASTM D 5865
Karbon	%	80,56	81,29	*ASTM D 5373
Hidrojen **	%	4,57	4,61	*ASTM D 5373
Azot	%	0,77	0,78	*ASTM D 5373
Toplam kükürt	%	0,34	0,34	*ASTM D 4239
Kül	%	9,25	9,33	*ASTM D 7582
Oksijen ***	%	3,62	3,65	ASTM D 3176

*İşaretleli deneyle metotları TÜRKAK tarafından akredite edilmiştir.

** Hidrojen değeri sudaki hidrojen eklenmiştir.

***Oksijen değeri sudaki oksijen eklenmiştir.

Çizelge 6.2. GLİ linyit numunelerinin kimyasal analiz sonuçları.

Deneyler	Birim	Orijinal Baz	Kuru Baz	Deney Metodu
Toplam Nem	%	9,2	---	*TS ISO589-B
Kül	%	32,93	36,27	*ASTM D 7582
Uçucu madde	%	32,71	36,02	*ASTM D 7582
Sabit karbon	%	25,16	27,71	*ASTM D 7582
Toplam kükürt	%	1,23	1,36	*ASTM D 4239
Üst ısı değeri	kcal/kg	3836	4225	*ASTM D 5865
Alt ısı değeri	kcal/kg	3611	4036	*ASTM D 5865
Hidrojen**	%	3,29	3,62	*ASTM D 5373
Karbon	%	42,63	46,95	*ASTM D 5373
Hidrojen **	%	3,29	3,62	*ASTM D 5373
Azot	%	0,78	0,86	*ASTM D 5373
Toplam kükürt	%	1,23	1,36	*ASTM D 4239
Kül	%	32,93	36,27	*ASTM D 7582
Oksijen ***	%	9,93	10,94	*ASTM D 3176

** Hidrojen değerlerine sudaki hidrojen eklenmemiştir.

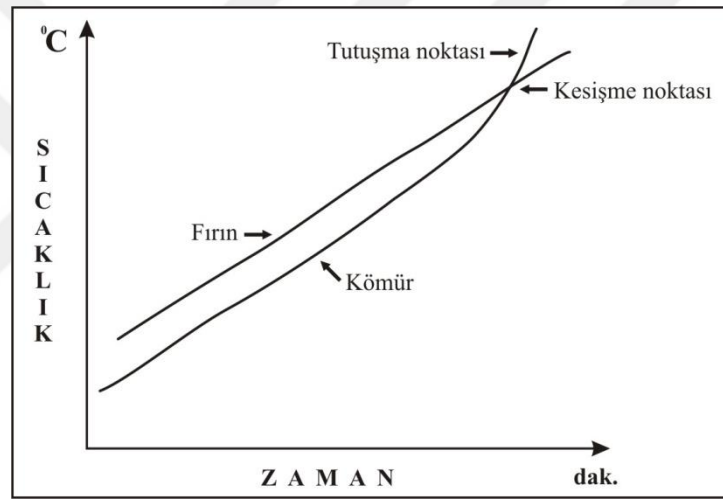
***Oksijen değerlerine sudaki oksijen eklenmemiştir.

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kendiliğinden Yanma Laboratuvarında, TTK Karadon Acılık panosundan ve GLİ Ömerler Yer altı A2 panosundan alınan numunelerin; Reaktör-1 için 5 deney, Reaktör-2 için 5 deney, Reaktör-3 için 5 deney olmak üzere 15 deney linyit numuneleri, 15 deney taşkömürü numuneleri olmak üzere totalde 30 deney

yapılmıştır. Deneyleerde Reaktör-1 için 35 gr'lık, Reaktör-2 için 100 gr'lık, Reaktör-3 için 300 gr'lık numune miktarları kullanılmıştır.

Yapılan deneyleerde ‘‘ Kesişim Noktası Metodu’’ kullanılmıştır. Bu yöntem önemli olan etüv içerisindeki reaktöre belli periyotlar da verilen hava ile değişen sıcaklık değerinin zamanla ilişkilendirilmesidir.

Numunelerinin analizleri süresince hem fırının hem de numunenin sıcaklığı takip edilip, numunenin sıcaklığı etüvün sıcaklığını geçtiği nokta ‘Kesişim Noktası’olarak belirlenir. Kendiliğinden yanmaya yatkınlığı yüksek olan kömürlerin kesişme noktası sıcaklıkları daha düşük olmaktadır (Ören, 2006).



Şekil 6.11. Kesişim noktası grafiği.

Kendiliğinden yanmaya yatkınlığı belirlenmesi amacıyla Feng vd. tarafından , ‘FCC (Feng, Chakravorty, Cochrane) indeksi geliştirilmiştir. Bu indeksin geliştirildiği eşitlik aşağıda verilmektedir:

$$I(FCC) = \frac{\text{Ort. Sic. Artışı (OSA)}}{\text{Tutuşma sıcaklığı}} \times 1000$$

Burada;

$I_{(FCC)}$: Feng, Chakravorty, Cochrane indeksi, 1/dk

Ort. Sic. Art. : 110 – 220 °C arasındaki ortalama sıcaklık artışı, °C/dk

Ortalama sıcaklık artışı ise;

$$Ort. Sic. Art. = \frac{110}{t_2 - t_1}$$

t_2 : Kömür numunesinin 220°C sıcaklığa ulaştığı zaman dakikası

t_1 : Kömür numunesinin 110°C sıcaklığa ulaştığı zaman dakikası

Söz konusu indeksten $I_{(FCC)}$ yararlanılarak kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıkları Çizelge 5.2’de gösterildiği şekli ile sınıflandırılmıştır (Feng vd., 1973).

Çizelge 6.3. FCC indeksine göre kendiliğinden yanma yatkınlıkları.

Yatkınlık indeksi [$I_{(FCC)}$]	Kendiliğinden yanmaya yatkınlık
0 – 5	Düşük
5 – 10	Orta
> 10	Yüksek

Her bir reaktör için – 75 µm boyutuna indirgenen 35/100/300 gr’lık kömür numuneleri sırası ile küçük/orta/büyük reaktör içerisine yerleştirilmiştir. Reaktörün gerekli parçaları bağlandıktan sonra etüv programlanıp, kaydedici ayarlandıktan sonra deney hazır hale getirilmiştir. Doğrusal olarak planlanan etüv numune sıcaklığı 30°C’ye geldikten sonra her 10 dakika da bir 200 cc/dk oksijen tüpünden flowmetre vasıtasıyla hava verilmiştir. Deney süresince etüv ve numune sıcaklıkları kaydedilmiş ve tutuşma noktası tespit edilmiştir. Deney esnasında kömür numunesinin 110°C ve 220°C’ye geldiği andaki sıcaklık ve geçen süreleri dakika türünden alınıp kendiliğinden yanma risk indeksi hesaplanmıştır.

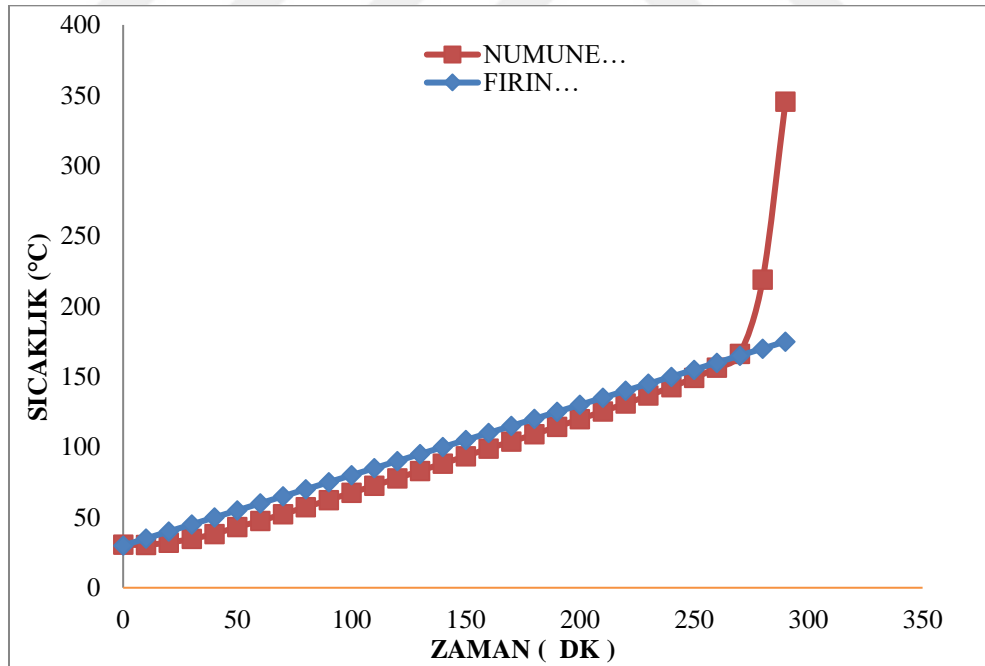
6.4. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Linyit ve taşkömürü numuneleri için yapılan deneylerde numunelerin tutuşma sıcaklıkları, ortalama sıcaklık artışı ve yatkınlık indeksleri her bir reaktör için hesaplanmış ve sonuçlar doğrultusunda risk sınıflandırılması yapılmıştır. Her numune için yapılan deney sonuçları ve zaman- grafik eğrileri Ek 1’de verilmiştir. Örnek olması açısından Karadon İşletmesinden alınan taşkömürü numuneleri Reaktör-1, Reaktör-2, Reaktör-3 için yapılan analiz sonuçları şekil ve tablo olarak verilirken; tüm kömür numunelerine ait sonuç ve grafikler Ek 1’de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Acılık Panosu Reaktör-1(a) deneyi sonuçları.

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30,6	160	110	99
10	35	30,5	170	115	103,9
20	40	32,1	180	120	109,1
30	45	34,7	190	125	114,5
40	50	38,3	200	130	119,8
50	55	43,2	210	135	125,4
60	60	47,5	220	140	130,9
70	65	52,4	230	145	136,6
80	70	57,3	240	150	142,7
90	75	62,4	250	155	149,2
100	80	67,5	260	160	156,4
110	85	72,6	270	165	166,2
120	90	77,8	280	170	219
130	95	83,1	290	175	345,5
140	100	88,3			
150	105	93,5			

Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I_{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
0,92	5,61	164	orta

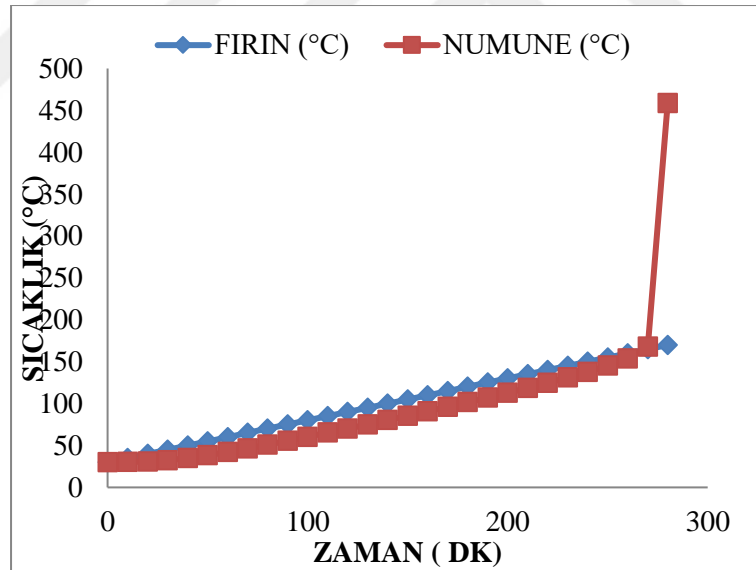


Şekil 6.12. TTK Acılık panosu Reaktör-1 (a) deneyi sıcaklık-zaman eğrisi.

Yapılan deney sonucu TTK acılık panosundan alınan numune için Reaktör-1’de 35 gr’lık analiz sonucu kendiliğinden yanma yatkınlık indeksi $5,61 \text{ dak}^{-1}$ hesaplanmış olup, kendiliğinden yanma riski olarak ‘orta’ sınıf olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.5. Acılık Panosu Reaktör-2 (a) deneyi sonuçları.

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30,2	160	110	90,9
10	35	30,3	170	115	96,1
20	40	30,8	180	120	102
30	45	32,3	190	125	107,2
40	50	35,1	200	130	112,8
50	55	38,4	210	135	118,8
60	60	42,4	220	140	124,6
70	65	46,5	230	145	131,2
80	70	50,9	240	150	137,6
90	75	55,5	250	155	145,5
100	80	60,3	260	160	153,8
110	85	65,6	270	165	168
120	90	70	280	170	458,7
130	95	75,3			
140	100	80,5			
150	105	85,6			

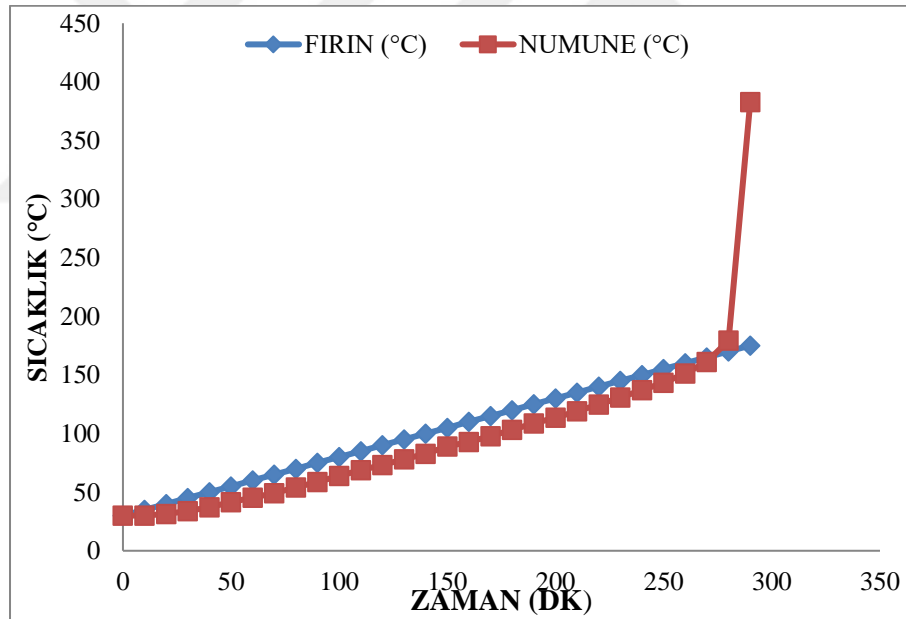
**Şekil 6.13.** TTK Acılık panosu reaktör-2(a) deneyi sıcaklık-zaman eğrisi.

Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I_{fcc})(1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1,39	8,49	164	Orta

Yapılan deney sonucu TTK acılık panosundan alınan numune için Reaktör-2’de 100gr’lık analiz sonucu kendiliğinden yanma yatkınlık indeksi 8.49 dak^{-1} hesaplanmış olup, kendiliğinden yanma riski olarak ‘orta’ sınıf olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.6. Acılık Panosu Reaktör-3 (a) deneyi sonuçları.

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30	160	110	92,8
10	35	30,1	170	115	97,9
20	40	31,4	180	120	103,1
30	45	33,9	190	125	108,7
40	50	37,2	200	130	113,7
50	55	41,4	210	135	119,1
60	60	45,3	220	140	124,7
70	65	49,2	230	145	130,8
80	70	54,1	240	150	137
90	75	58,7	250	155	143,5
100	80	63,8	260	160	151,3
110	85	68,8	270	165	161
120	90	73,2	280	170	179,5
130	95	78	290	175	382,7
140	100	82,7			
150	105	89			



Şekil 6.8. TTK Acılık panosu reaktör-3 (a) deneyi sıcaklık-zaman eğrisi.

Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I_{icc})(1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı(°C)	Yanma Riski
1,25	7,48	167	Orta

Yapılan deney sonucu TTK acılık panosundan alınan numune için Reaktör-3'de 300gr'lık analiz sonucu kendiliğinden yanma yatkınlık indeksi 7.48 dak^{-1} hesaplanmış olup, kendiliğinden yanma riski olarak 'orta' sınıf olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.7. Deney sonuçları.

Numune-Deney numarası	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Ort. Sıcaklık Artışı (°C/dak)	I _{FCC} Yatkinlık İndeksi (dak ⁻¹)	Risk Durumu
Acılık Reaktör-1 (a)	164	0.92	5.61	Orta
Acılık Reaktör-1 (b)	166	1.04	6.31	Orta
Acılık Reaktör-1 (c)	161	1.21	7.50	Orta
Acılık Reaktör-1 (d)	163	1.16	7.10	Orta
Acılık Reaktör-1 (e)	163	1.14	7.02	Orta
Acılık Reaktör-2 (a)	164	1.39	8.49	Orta
Acılık Reaktör-2 (b)	164	1.39	8.49	Orta
Acılık Reaktör-2 (c)	163	1.45	8.88	Orta
Acılık Reaktör-2 (d)	165	1.25	7.58	Orta
Acılık Reaktör-2 (e)	163	1.39	8.54	Orta
Acılık Reaktör-3 (a)	167	1.25	7.48	Orta
Acılık Reaktör-3 büyük (b)	171	1.35	7.95	Orta
Acılık Reaktör-3 (c)	169	1.24	7.31	Orta
Acılık Reaktör-3 (d)	172	1.01	5.92	Orta
Acılık Reaktör-3 (e)	171	1.06	6.19	Orta
Gli-A2 Reaktör-1 (a)	145	2.55	17.64	Yüksek
Gli-A2 Reaktör-1 (b)	146	2.39	16.37	Yüksek
Gli-A2 Reaktör-1 (c)	145	2.16	14,87	Yüksek
Gli-A2 Reaktör-1 (d)	143	2.98	20,79	Yüksek
Gli-A2 Reaktör-1 (e)	144	2.39	16.58	Yüksek
Gli-A2 Reaktör-2 (a)	164	2.34	14.28	Yüksek
Gli-A2 Reaktör-2 (b)	161	2.39	14.85	Yüksek
Gli-A2 Reaktör-2 (c)	163	2.44	14.99	Yüksek
Gli-A2 Reaktör-2 (d)	163	2.16	13.24	Yüksek
Gli-A2 Reaktör-2 (e)	161	2.29	14.3	Yüksek
Gli-A2 Reaktör-3 (a)	174	1.52	8.78	Orta
Gli-A2 Reaktör-3 (b)	173	1.54	8.95	Orta
Gli-A2 Reaktör-3 (c)	173	1.55	8.96	Orta
Gli-A2 Reaktör-3	175	1.47	8.39	Orta
Gli-A2 Reaktör-3 (e)	174	1.57	9.03	Orta

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Bölgemiz coğrafyasında bulunan taşkömürü ve linyit numuneleri üzerinde yapmış olduğumuz deneylerin sonuçlarına göre; TTK Karadon Müessesesi Kilimli İşletmesi Acılık panosundan alınan taşkömürü numunelerinin Reaktör-1, Reaktör-2 ve Reaktör-3 ile yapmış olduğumuz kendiliğinden yanma yatkınlıkları deneyler sonucunda risk sınıflandırılması ‘orta’ düzeydedir.

TKİ Garp Linyitleri İşletmesi Ömerler Yer altı A2 tahkimat taban kömüründen almış olduğumuz numunelerin analiz sonuçları ise Reaktör-2 ve Reaktör-3 de ‘yüksek’ risk sınıflandırılmasına girerken, Reaktör-3 de bu durum ‘orta’ risk sınıflandırılmasına düşmüştür.

Kömür yapısı itibariyle yanmaya elverişli olmasından kaynaklı hem de çevresel etkiler sonucunda yanmaya yatkın bir kayaçtır. Can ve mal kayıplarına sebep olan bu tip önemli bir konuda hem maddi hem manevi kayıpların önüne geçmek adına, müdahale edilebilecek kısımda gerekli önlem ve tedbirlerin disiplinli bir şekilde alınması çoğu sorun ve sıkıntılara engel olacağı birçok araştırmalar sonunda tespit edilmiştir.

Kömürün kendiliğinden yanmasında kömürleşme derecesi düşük olan kömürler yanmaya daha yatkındır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda reaktör boyutu büyüdükçe Tunçbilek linyitlerinin yatkınlık indekslerine göre risk sınıfı düşerken, Zonguldak Acılık taşkömürü için reaktör boyutu etkili olmamıştır.

7.2. Öneriler

Küreselleşen dünya da enerji tüketiminin açlığını karşılamak için en ekonomik olan kaynaklar arasında kömür olacağından, yapısı itibariyle de açığa çıkan sorunlar aşikâr olduğu için öncesinde tespit edilip müdahale edilmesi önemli yer teşkil eder.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Avila, C., Wu, T., Lester, E. (2014), Petrographic Characterization Of Coals as a tool to detect spontaneous combustion potential. *Fuels*, s.125,173-182.

Barış, K., Şahin, N., Özarlan, A. (2006), *Derin kömür damarlarında CO değerlendirme ve depolama olanakları*, Türkiye 15. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, ss.69-84 ss. 69- 78

British Petroleum (B.P.) (2018), BP Statistical review of world energy, june 2018.

Chamberlain, E. A. C., Hall, D. A. (1973), The liability of coals to spontaneous combustion, *Colliery Guardian*, 65-72.

Didari, V. (1986), Yeraltı Ocaklarında Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Risk İndeksleri, *Madencilik*, 25 (4), 29-34.

Didari, V. (1988), Developing a spontaneous combustion risk index for Turkish coal mines preliminary studies, *J. Min. Met. Fuels*, s.211–215.

Enerji Raporu (2015), TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Enerji Çalışma Grubu

Feng, K. K., Chakravorty, R. N., Cochrane, T. S. (1973), Spontaneous Combustion A Coal Mining Hazard. *The Canadian Mining and Metallurgical Journal*, 75-84.

Genc, B., Onifade. M., Cook. A. (2018), Spontaneous combustion risk on South African coalfields: Part 2. Proceedings of the 21st International Coal Congress of Turkey “ICCET” April 11-13, 2018, Zonguldak, Turkey, s. 13–25.

<http://www.gli.gov.tr>

<http://www.ttk.gov.tr>

International Energy Agency (2018), Coal Information: Overview, (http://wds.iea.org/wds/pdf/coal_documentation.pdf.)

International Energy Agency (1983), Kömürlerin sınıflandırılması, (1983)

İnal, S., Aydın, K. (2019), Kömürün kendiliğinden yanması ve etkileyen faktörler. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 58(2), 145-165.

Karaçam, E., Didari, V., Atalay, T. (1988), Zonguldak kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yakınlıklarının araştırılması. Türkiye 6. Kömür Kongresi, Zonguldak, 91-100.

Karpuz, C., Güyagüler, T., Bağcı, S., Bozdağ, T., Başarı, H., Keskin, S. (2000), Linyitlerin kendiliğinden yanmaya yakınlık derecelerinin tespiti: Bölüm 1 –Risk sınıflaması derlemesi, *Madencilik Dergisi*, Eylül/Aralık,3-13.

Kural, O., (1994), Coal Resources, Properties Utilization, Pollution, Özgün A.Ş., 491s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Küçük, A., Kadioğlu, Y., Gülbaoğlu, M. Ş. (2003), A study of spontaneous combustion characteristics of a Turkish lignite, particles size, moisture of coal, humidity of air. *Combust flame* 133, 255-261.

Li, J., Yang, Y., Wang, C., Sun, I. (2018), Experimental study on the effect of mechanochemistry on coal spontaneous combustion. *Powder Technol*, 339, 102-110.

Liang, Y., Fuchao, T., Haizhu, L., Hui, T. (2015), Characteristics of Coal Re-Oxidation Based on Microstructural and Spectral Observation. *International Journal of Mining Science and Technology*, 25, 749-754.

Mao, Z., Zhu, H., Zhao, X., Sun, J., Wang, Q., (2013), Experimental Study on Characteristic Parameters of Coal Spontaneous Combustion. *Procedia Engineering*, 62, 1081-1086.

Ocaoğlu, F. (2013), *Kömür Jeolojisi ders notları*, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Onifade, M. Genc, B. (2018), Prediction of the spontaneous combustion liability of coal and coal-shale using statistical analysis. Society of Mining Professors, 6th Regional Conference 2018, s. 63-82.

Ören, Ö. (2006), Kütahya Bölgesi Linyitlerinin Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlıklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.

Ören, Ö. (2015), Farklı Saklama Koşullarında Depo Edilen Kömürlerin Kendiliğinden Yanma Davranışlarının Termogravimetrik ve Yüzey Adsorpsiyon Mekanizmaları Açısından İncelenmesi-Tunçbilek Linyitleri Örneği, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.

Özdeniz, A.E. (2003). Kömür Stoklarındaki Kendiliğinden Yanma Olayının İncelenmesi - Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Örneği. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 185 s.

Qi, X., Wang, D., Zhong, X., Gu, J., ve Xu, T. (2010). Characteristics of oxygen consumption of coal at programmed temperatures. *Mining Science and Technology (China)*, 20(3), 372–377.

Ramlu, M. A. (1991), Mine disasters and mine rescue, A. A. Balkema, Rotterdam, 397s.

Sensogut, C., Çınar, İ. (2006), Türkiye Kömürlerinin Kendiliğinden Yanma Eğilimi Üzerine Bir Araştırma-İlgın Linyit Örneği. *Uygulamalı Bilimler Araştırmalarında Eğilimler*, 1: 9-14.

Stracher, G. B., Taylor, T. P. (2004), Coal Fires Burning out of Control Around the World: Thermodynamic Recipe for Environmental Catastrophe. *International Journal of Coal Geology*, 59, 7-17.

Türkiye Taş Kömürü (2015-2017-2018) Faaliyet Raporları

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yağmurlu, F. (1980), Kömürleşme Alanlarının Ortamsal Özellikleri ve Kömür Aramalarındaki Önemi.

Yılmaz, A. (2016), Ocak Yangınlarında Kendiliğinden Yanmanın İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi, C. B. Ü. *Soma M. Y. O. Tek. Bil. Der.*, C.1, S.21, s.38-47.

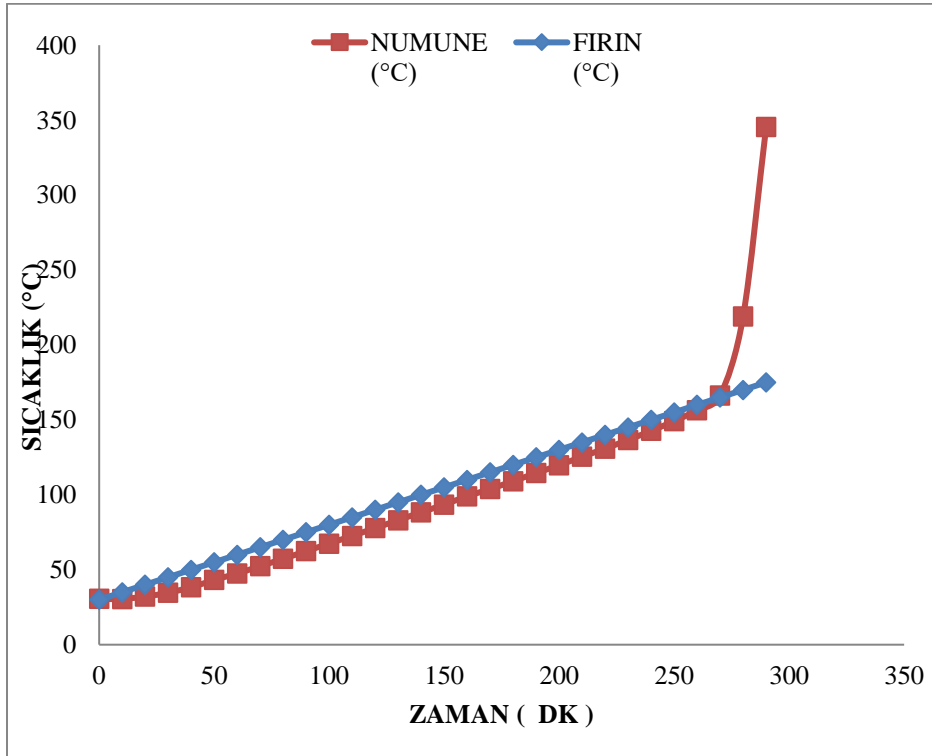


EKLER

EK 1. TTK Karadon Müessese Müd. Kilimli İşletmesi Acılık Üretim Panosu Deney Sonuçları ve Sıcaklık-Zaman Eğrileri

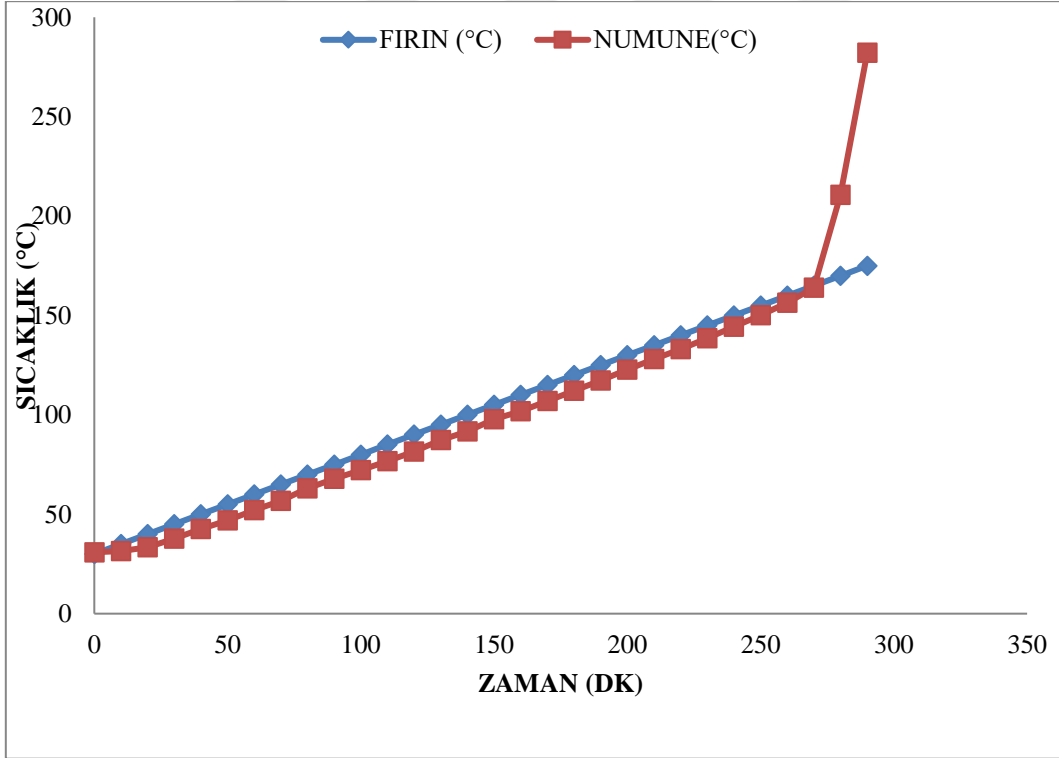
Ek 1.1. TTK Acılık Reaktör-1 (a) Deney Sonuçları

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkinlık İndeksi (I _{rec}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
0	30	30,6	160	110	99	0.92	5.61	164	Orta
10	35	30,5	170	115	103,9				
20	40	32,1	180	120	109,1				
30	45	34,7	190	125	114,5				
40	50	38,3	200	130	119,8				
50	55	43,2	210	135	125,4				
60	60	47,5	220	140	130,9				
70	65	52,4	230	145	136,6				
80	70	57,3	240	150	142,7				
90	75	62,4	250	155	149,2				
100	80	67,5	260	160	156,4				
110	85	72,6	270	165	166,2				
120	90	77,8	280	170	219				
130	95	83,1	290	175	345,5				
140	100	88,3							
150	105	93,5							



Ek 1.2. TTK Acılık Reaktör-1 (b) Deney Sonuçları

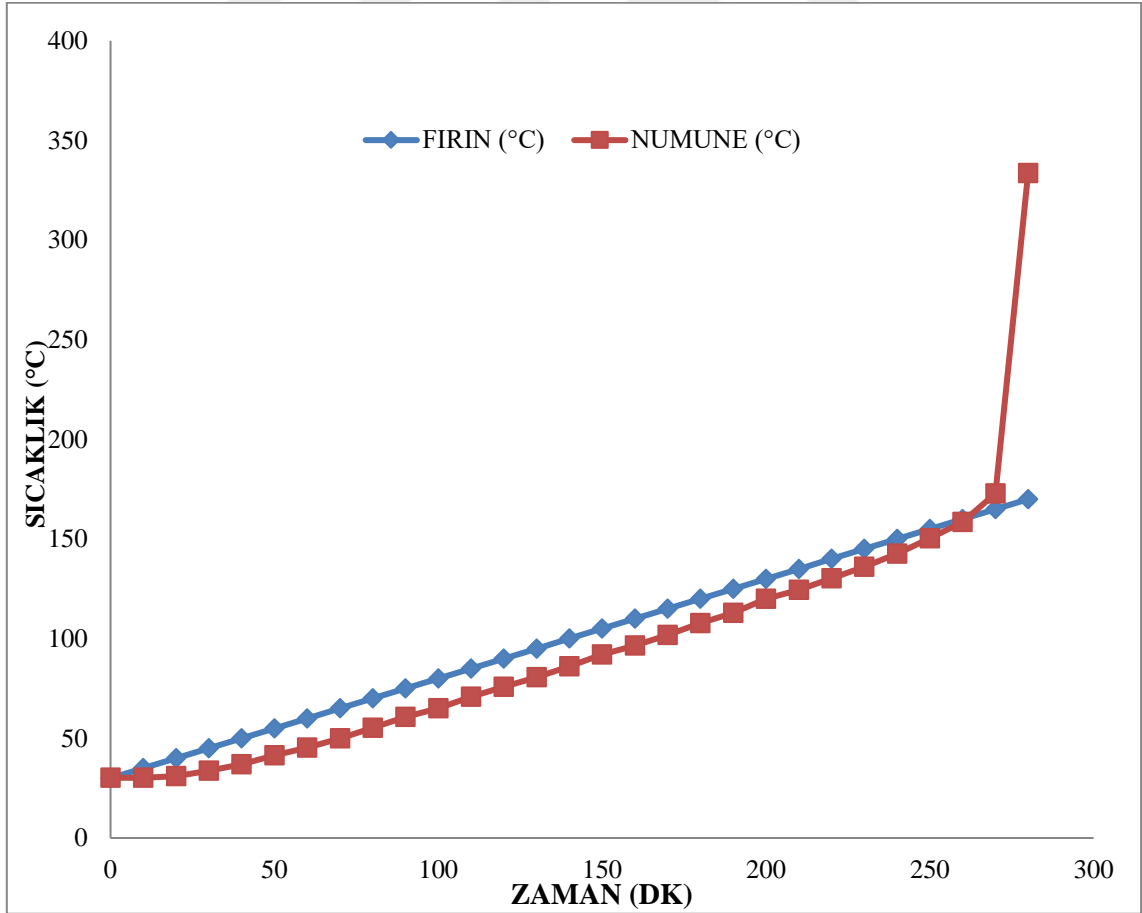
Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkinlik İndeksi (I _{rec}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
0	30	30,9	160	110	101,9				
10	35	31,5	170	115	107				
20	40	33,4	180	120	112,2				
30	45	37,8	190	125	117,2				
40	50	42,5	200	130	122,7				
50	55	47	210	135	128,1				
60	60	52	220	140	133				
70	65	56,8	230	145	138,5				
80	70	63	240	150	144,3				
90	75	67,9	250	155	150,1				
100	80	72,2	260	160	156,4				
110	85	76,7	270	165	164				
120	90	81,6	280	170	210,6				
130	95	87,4	290	175	282,1				
140	100	91,6							
150	105	97,8							



Ek 1.3. TTK Acılık Reaktör-1 (c) Deney Sonuçları

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30,2	160	110	96,6
10	35	30,2	170	115	101,8
20	40	31	180	120	107,8
30	45	33,8	190	125	112,9
40	50	36,9	200	130	120
50	55	41,4	210	135	124,5
60	60	45,3	220	140	130,2
70	65	50	230	145	136,1
80	70	55,2	240	150	142,6
90	75	60,8	250	155	150,3
100	80	65,1	260	160	158,6
110	85	70,8	270	165	172,9
120	90	75,9	280	170	333,6
130	95	80,6			
140	100	86,1			
150	105	92,1			

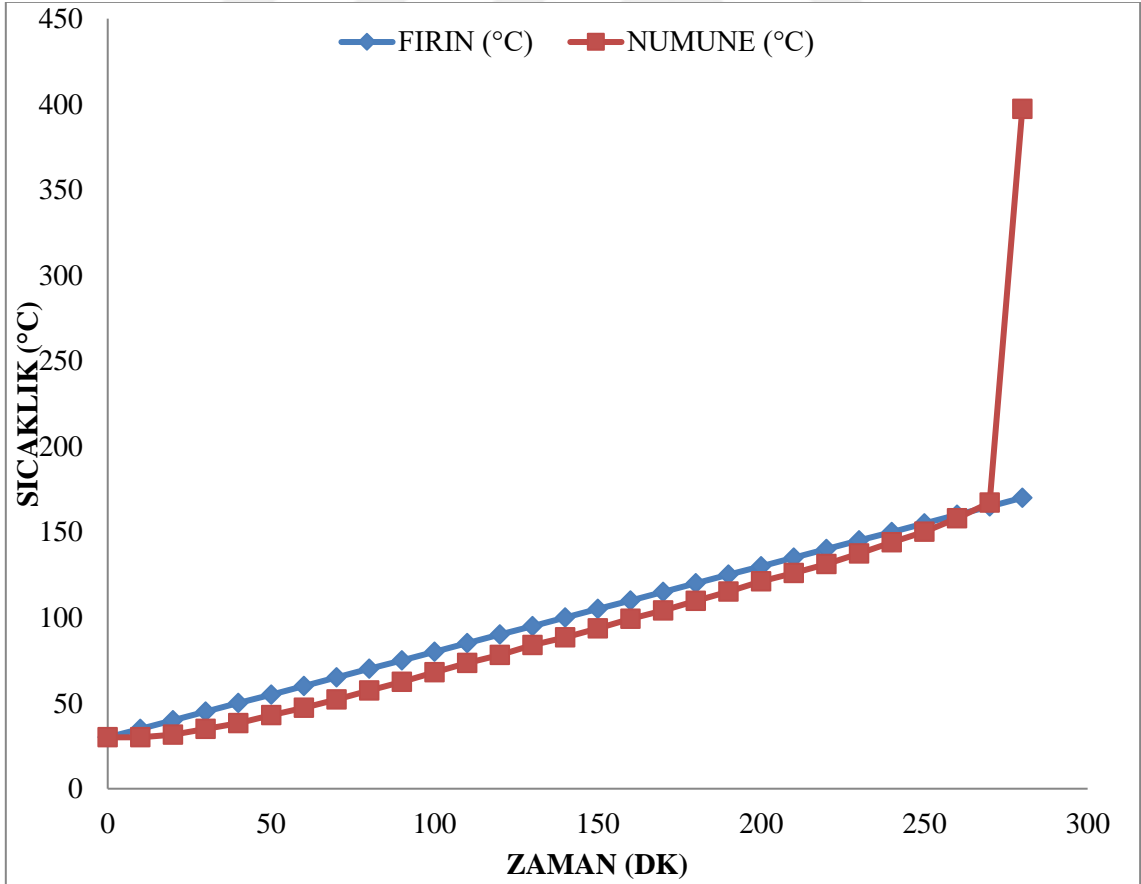
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.21	7.50	161	Orta



Ek 1.4. TTK Acılık Reaktör-1 (d) Deney Sonuçları

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30	160	110	99,2
10	35	30,1	170	115	104,1
20	40	31,6	180	120	109,7
30	45	34,9	190	125	115,1
40	50	38,3	200	130	121,2
50	55	42,9	210	135	126
60	60	47,3	220	140	131,3
70	65	52,2	230	145	137,4
80	70	57,3	240	150	143,9
90	75	62,4	250	155	150,1
100	80	68,1	260	160	157,9
110	85	73,5	270	165	167,2
120	90	78,2	280	170	397,2
130	95	83,9			
140	100	88,5			
150	105	93,7			

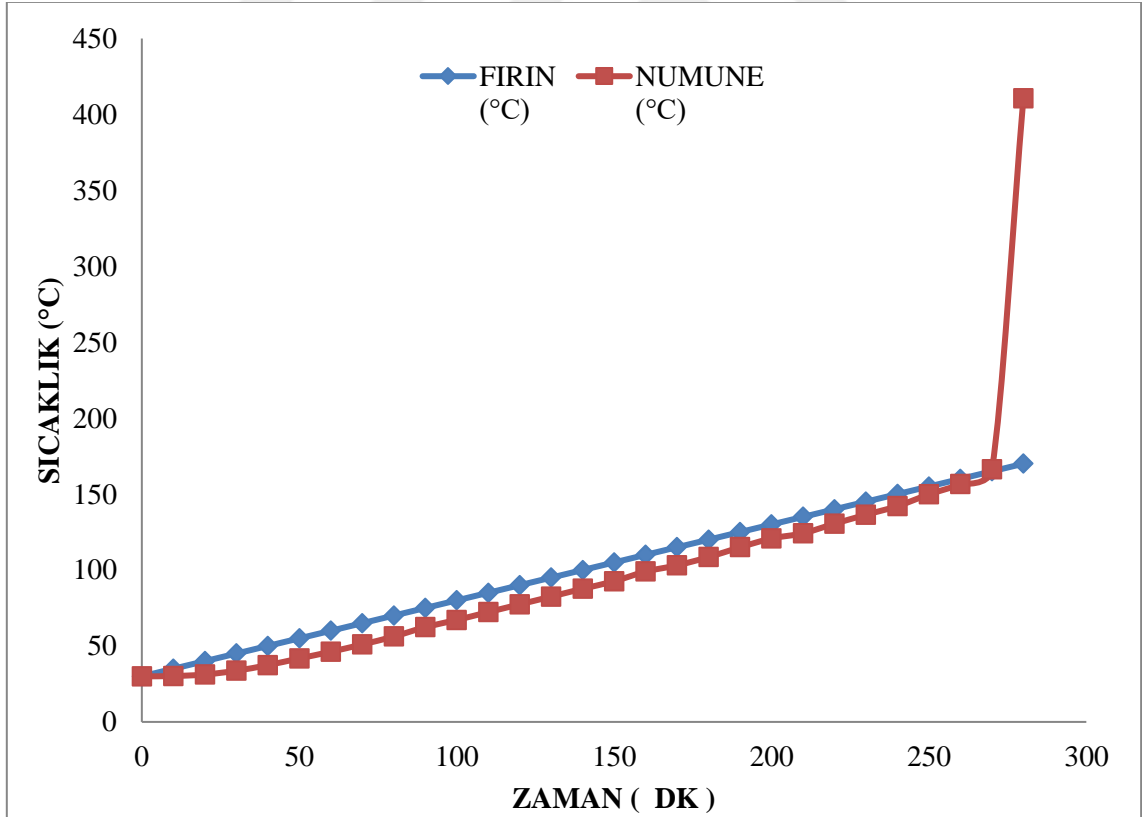
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.16	7.10	163	Orta



Ek 1.5. TTK Acılık Reaktör-1 (e) DeneY Sonuçları

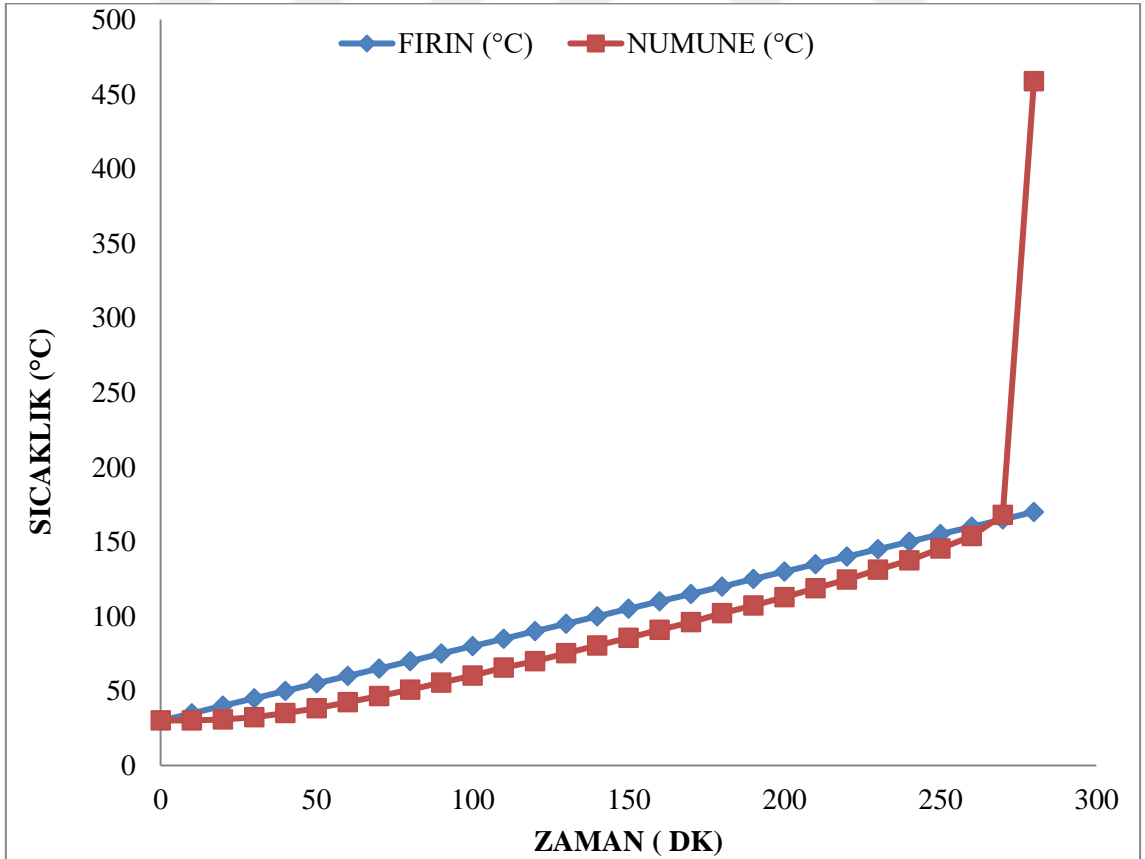
Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30	160	110	99
10	35	30,2	170	115	103,1
20	40	31,2	180	120	108,5
30	45	33,7	190	125	115
40	50	37,4	200	130	120,8
50	55	41,8	210	135	124,2
60	60	46,2	220	140	130,5
70	65	51	230	145	136,4
80	70	56,2	240	150	142,1
90	75	62,4	250	155	149,8
100	80	67,1	260	160	156,5
110	85	72,3	270	165	166,2
120	90	77,4	280	170	410,5
130	95	82,5			
140	100	87,7			
150	105	92,6			

Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{rec}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.14	7.02	163	Orta



Ek 1.6. TTK Acılık Reaktör-2 (a) Deney Sonuçları

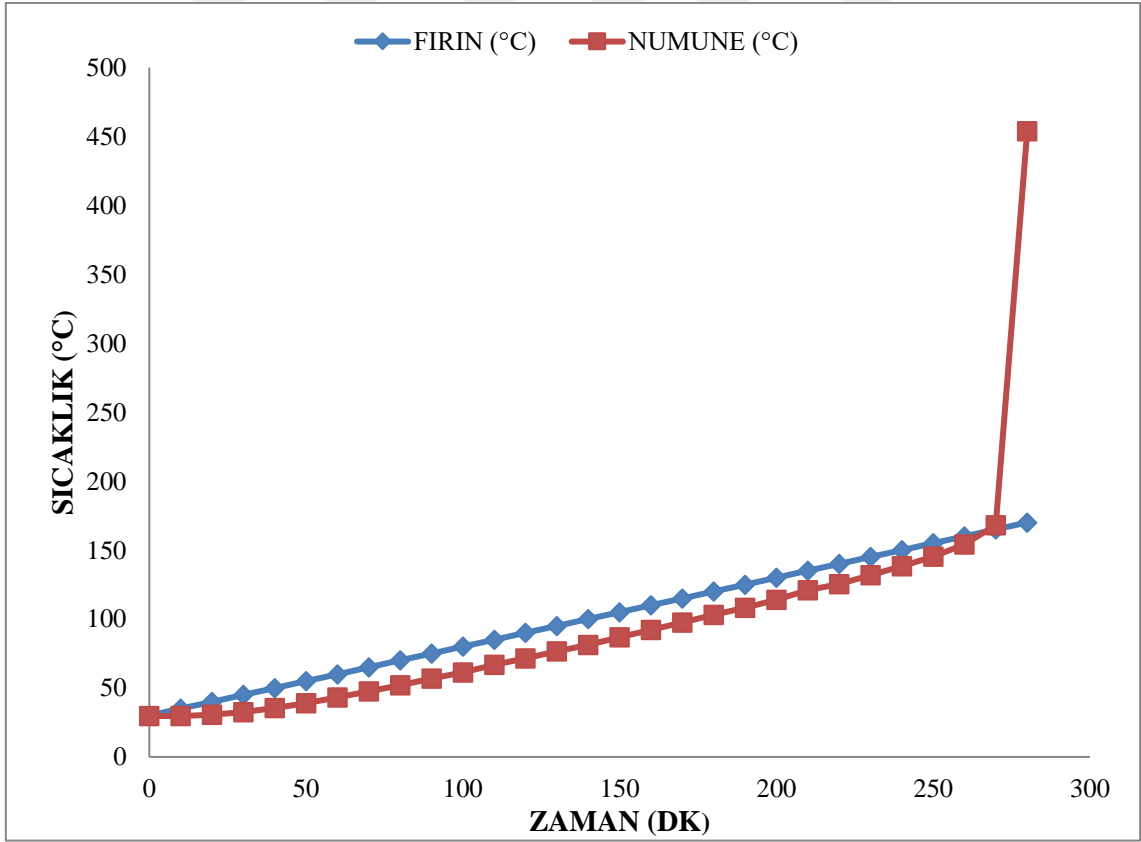
Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I_{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
0	30	30,2	160	110	90,9	1.39	8.49	164	Orta
10	35	30,3	170	115	96,1				
20	40	30,8	180	120	102				
30	45	32,3	190	125	107,2				
40	50	35,1	200	130	112,8				
50	55	38,4	210	135	118,8				
60	60	42,4	220	140	124,6				
70	65	46,5	230	145	131,2				
80	70	50,9	240	150	137,6				
90	75	55,5	250	155	145,5				
100	80	60,3	260	160	153,8				
110	85	65,6	270	165	168				
120	90	70	280	170	458,7				
130	95	75,3							
140	100	80,5							
150	105	85,6							



Ek 1.7. TTK Acılık Reaktör-2 (b) Deney Sonuçları

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,7	160	110	92,1
10	35	29,6	170	115	97,5
20	40	30,6	180	120	103
30	45	32,5	190	125	108,2
40	50	35,5	200	130	113,9
50	55	39,1	210	135	121
60	60	43,2	220	140	125,4
70	65	47,6	230	145	131,8
80	70	52,1	240	150	138,3
90	75	56,8	250	155	145,4
100	80	61,3	260	160	154,2
110	85	66,8	270	165	168,1
120	90	71,6	280	170	453,8
130	95	76,5			
140	100	81,3			
150	105	86,9			

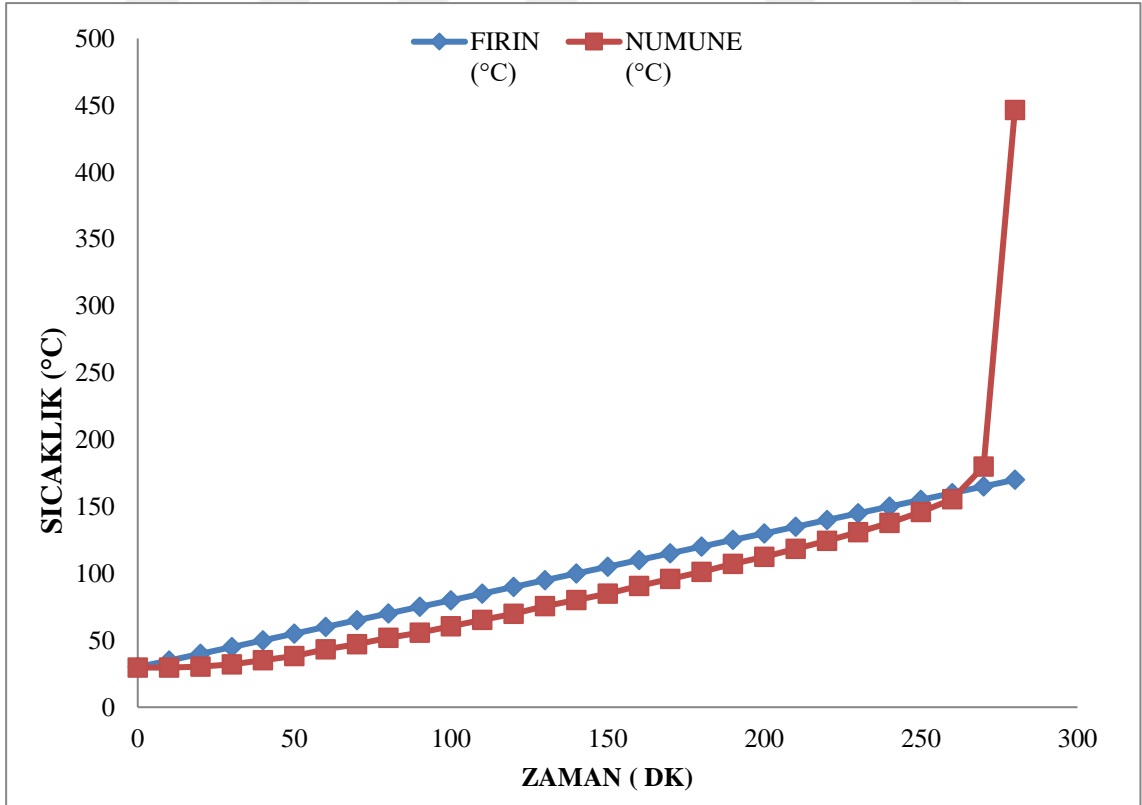
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi(I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.39	8.49	164	Orta



Ek 1.8. TTK Acılık Reaktör-2 (c) Deney Sonuçları

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,7	160	110	90,6
10	35	29,6	170	115	95,8
20	40	30,3	180	120	101,2
30	45	32,1	190	125	107,2
40	50	35,2	200	130	112,4
50	55	38,2	210	135	118,5
60	60	43,3	220	140	124,5
70	65	47,1	230	145	130,9
80	70	51,8	240	150	137,7
90	75	55,6	250	155	146
100	80	60,4	260	160	155,5
110	85	65,2	270	165	180
120	90	69,8	280	170	446,6
130	95	75,6			
140	100	80,2			
150	105	85			

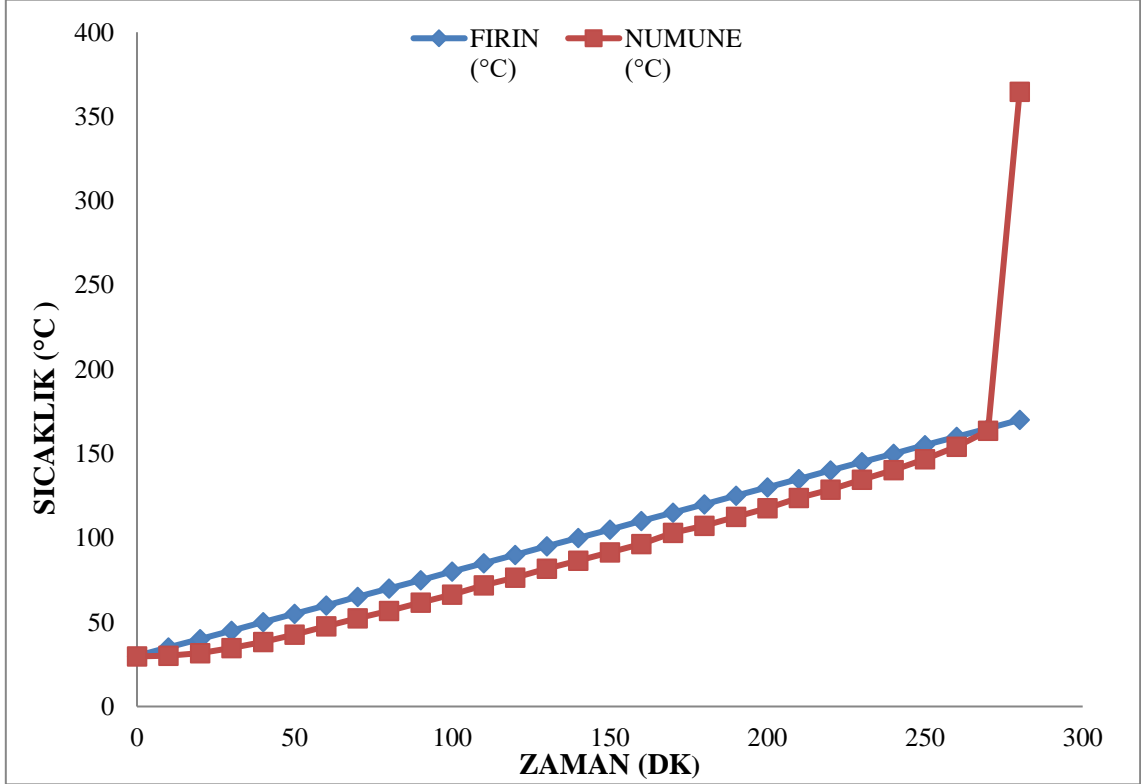
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.45	8.88	163	Orta



Ek 1.9. TTK Acılık Reaktör-2 (d) Deney Sonuçları

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,7	160	110	96,5
10	35	30,1	170	115	103,1
20	40	31,7	180	120	107,2
30	45	34,7	190	125	112,6
40	50	38,4	200	130	117,6
50	55	42,7	210	135	123,7
60	60	47,6	220	140	128,7
70	65	52,3	230	145	134,6
80	70	56,7	240	150	140,3
90	75	61,6	250	155	146,7
100	80	66,5	260	160	154,1
110	85	71,9	270	165	163,7
120	90	76,4	280	170	364,8
130	95	81,7			
140	100	86,6			
150	105	91,5			

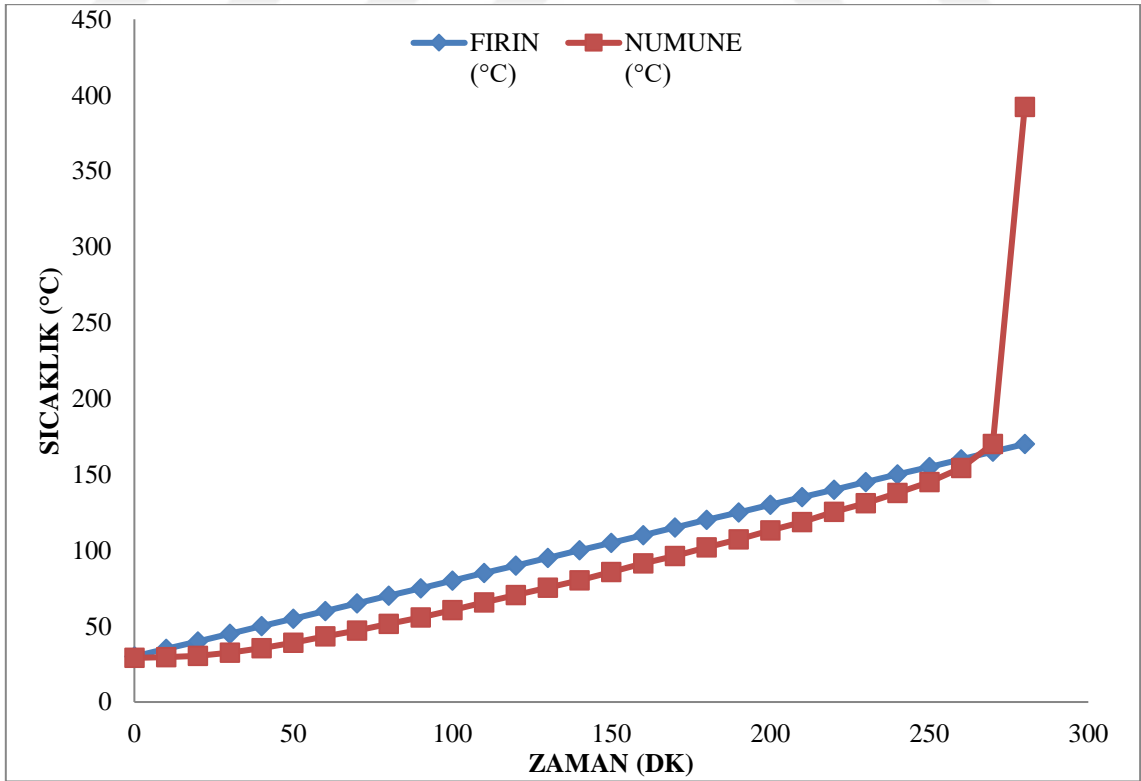
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.25	7.58	165	Orta



Ek 1.10. TTK Acılık Reaktör-2 (e) Deney Sonuçları

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,1	160	110	91,5
10	35	29,5	170	115	96,2
20	40	30,4	180	120	101,9
30	45	32,5	190	125	107,2
40	50	35,4	200	130	113,1
50	55	39	210	135	118,6
60	60	43,2	220	140	125,4
70	65	47	230	145	131,1
80	70	51,5	240	150	137,9
90	75	55,7	250	155	144,9
100	80	60,7	260	160	154,3
110	85	65,6	270	165	170,1
120	90	70,5	280	170	392,3
130	95	75,3			
140	100	80,3			
150	105	85,8			

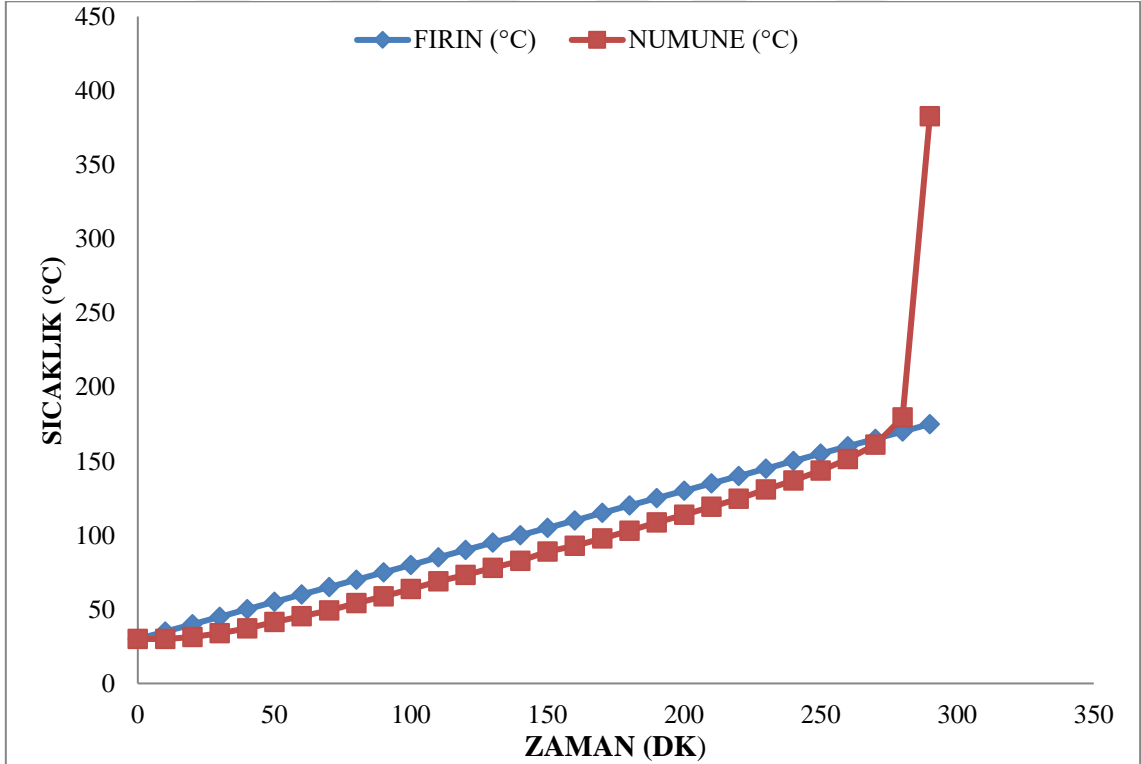
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.39	8.54	163	Orta



Ek 1.11. TTK Acılık Reaktör-3 (a) Deney Sonuçları

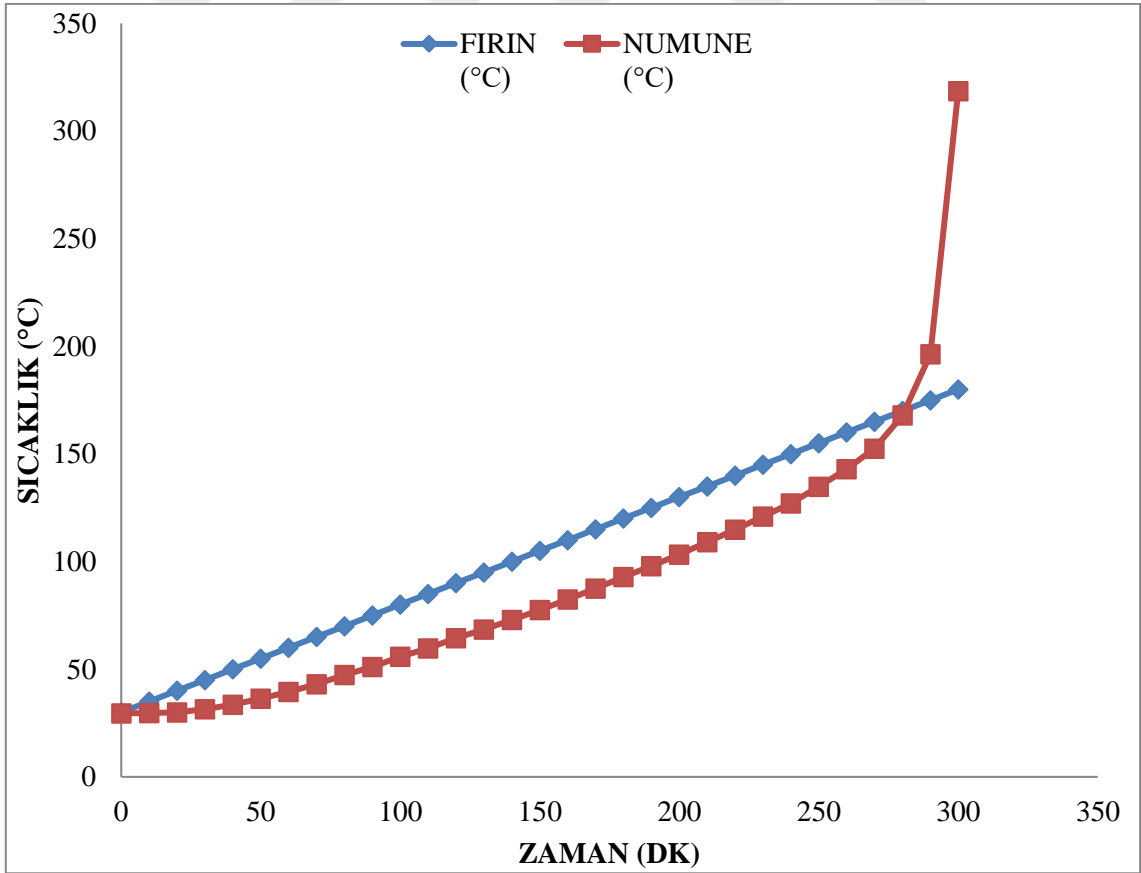
Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30	160	110	92,8
10	35	30,1	170	115	97,9
20	40	31,4	180	120	103,1
30	45	33,9	190	125	108,7
40	50	37,2	200	130	113,7
50	55	41,4	210	135	119,1
60	60	45,3	220	140	124,7
70	65	49,2	230	145	130,8
80	70	54,1	240	150	137
90	75	58,7	250	155	143,5
100	80	63,8	260	160	151,3
110	85	68,8	270	165	161
120	90	73,2	280	170	179,5
130	95	78	290	175	382,7
140	100	82,7			
150	105	89			

Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I_{fice}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.25	7.48	167	Orta



Ek 1.12. TTK Acılık Reaktör-3 (b) Deney Sonuçları

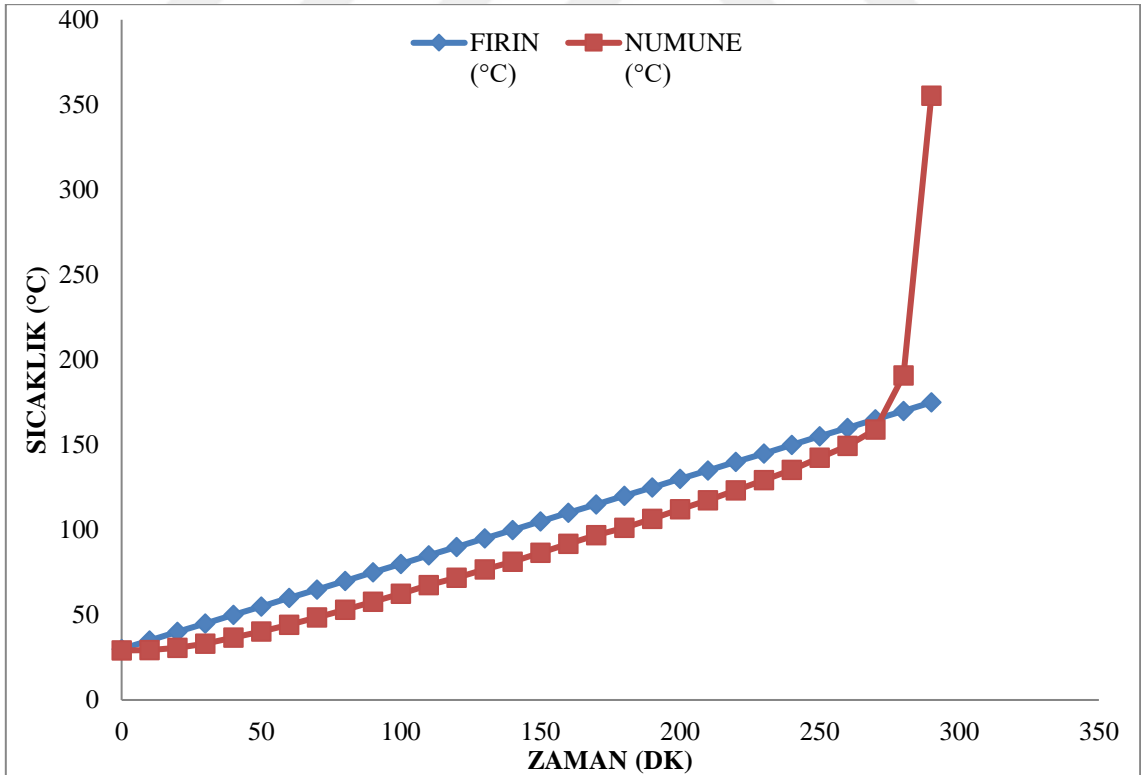
Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
0	30	29,5	160	110	82,4	1.35	7.95	171	Orta
10	35	29,6	170	115	87,5				
20	40	30	180	120	92,9				
30	45	31,4	190	125	97,9				
40	50	33,5	200	130	103,2				
50	55	36,4	210	135	109,1				
60	60	39,5	220	140	114,8				
70	65	43,1	230	145	120,9				
80	70	47,4	240	150	127,1				
90	75	51,1	250	155	134,8				
100	80	55,8	260	160	142,9				
110	85	59,7	270	165	152,5				
120	90	64,5	280	170	167,9				
130	95	68,4	290	175	196,4				
140	100	73	300	180	318,6				
150	105	77,6							



Ek 1.13. TTK Acılık Reaktör-3 (c) Deney Sonuçları

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,1	160	110	91,9
10	35	29,4	170	115	96,9
20	40	30,6	180	120	101,3
30	45	33,1	190	125	106,5
40	50	36,7	200	130	112,1
50	55	40,2	210	135	117,4
60	60	44,2	220	140	123,2
70	65	48,6	230	145	129,2
80	70	53,1	240	150	135,3
90	75	57,7	250	155	142,5
100	80	62,5	260	160	149,5
110	85	67,6	270	165	159,1
120	90	71,8	280	170	190,8
130	95	76,7	290	175	355,4
140	100	81,3			
150	105	86,5			

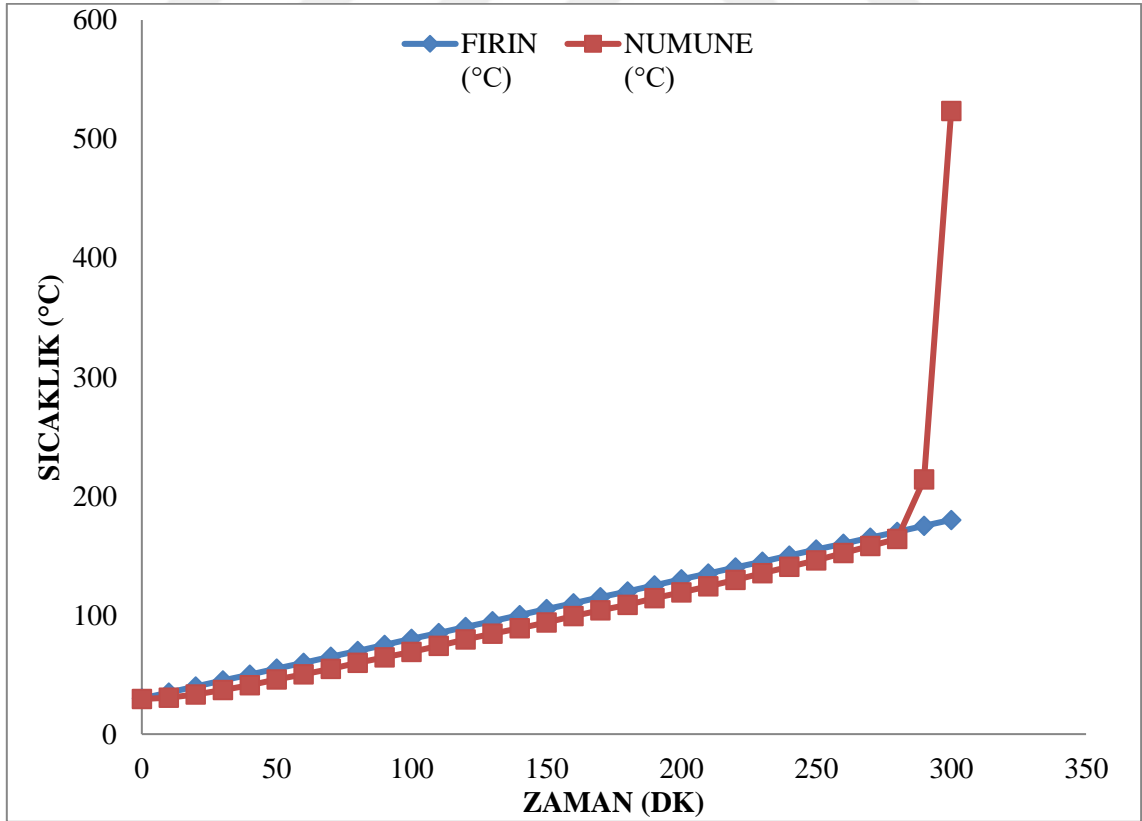
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.24	7.31	169	Orta



Ek 1.14. TTK Acılık Reaktör-3 (d) Deney Sonuçları

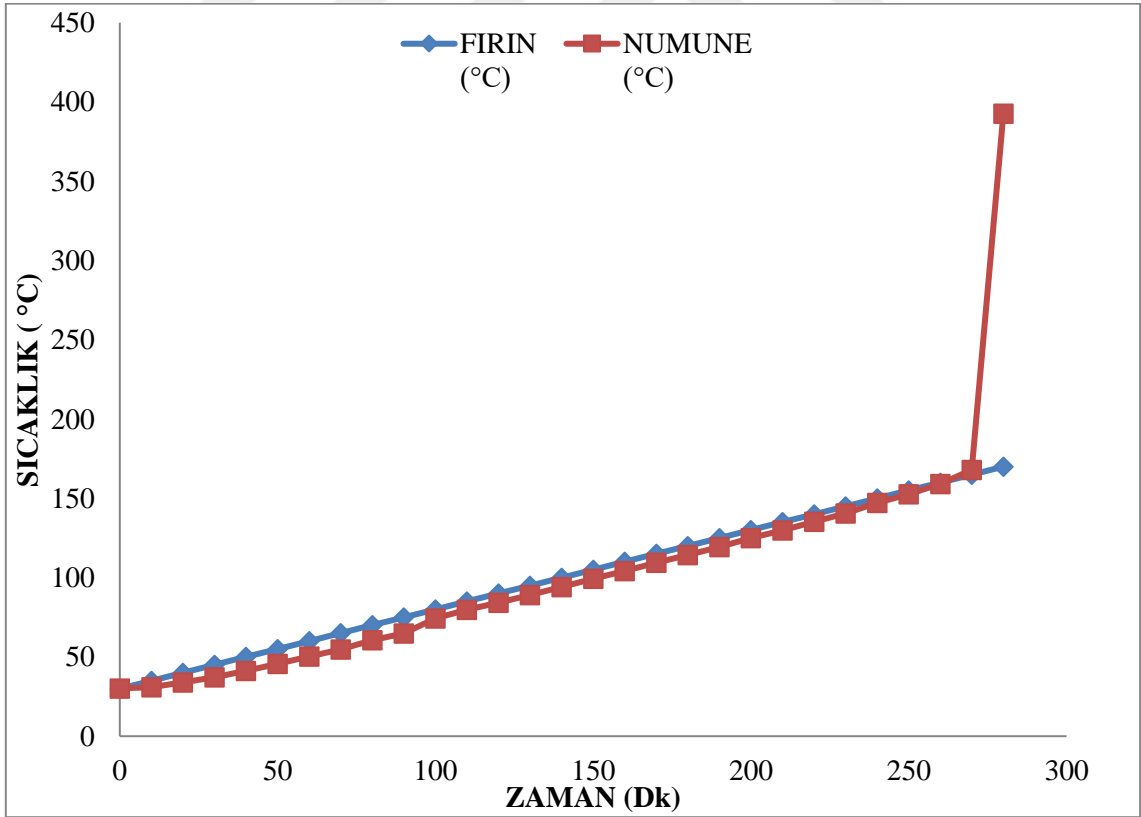
Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,5	160	110	99,1
10	35	30,7	170	115	104
20	40	33,4	180	120	108,6
30	45	37,2	190	125	114,2
40	50	41	200	130	119,2
50	55	46	210	135	124,1
60	60	50,2	220	140	129,5
70	65	54,8	230	145	135,1
80	70	59,9	240	150	140,6
90	75	64,4	250	155	146,1
100	80	69,2	260	160	152,1
110	85	74,3	270	165	158,2
120	90	79,5	280	170	163,9
130	95	84,5	290	175	214,1
140	100	88,9	300	180	523,5
150	105	93,8			

Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.01	5.92	172	Orta



Ek 1.15. TTK Acılık Reaktör-3 (e) Deney Sonuçları

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkinlık İndeksi (I _{icc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
0	30	30,2	160	110	104,2	1.06	6.19	171	Orta
10	35	31	170	115	109,5				
20	40	33,9	180	120	114,3				
30	45	37,2	190	125	119,4				
40	50	41,3	200	130	124,9				
50	55	45,6	210	135	129,8				
60	60	50,3	220	140	135,2				
70	65	54,8	230	145	140,6				
80	70	60,5	240	150	147,2				
90	75	64,9	250	155	152,6				
100	80	74,4	260	160	159				
110	85	79,7	270	165	168				
120	90	84,2	280	170	392,7				
130	95	89,1							
140	100	94,1							
150	105	99,3							

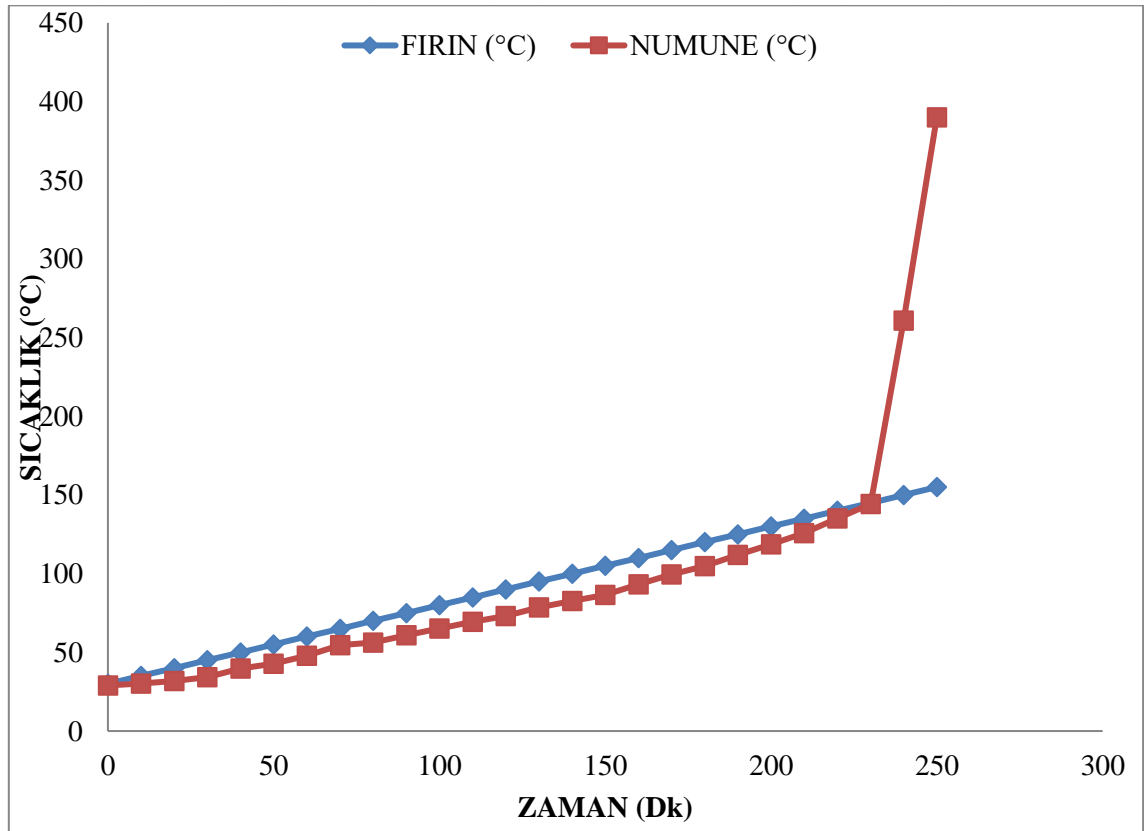


EK 2. TKİ Garp Linyitleri İşletmesi Ömerler Yer Altı A2 Panosu 62 Tahkimat Numunelerinin Deney Sonuçları ve Sıcaklık-Zaman Eğrileri

Ek 2.1. GLİ A2 Panosu Reaktör-1 (a) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29	160	110	93,2
10	35	30,1	170	115	99,5
20	40	31,8	180	120	104,8
30	45	34,3	190	125	112
40	50	39,7	200	130	118,6
50	55	42,9	210	135	125,7
60	60	47,9	220	140	135,2
70	65	54,5	230	145	144,2
80	70	56,2	240	150	260,8
90	75	60,9	250	155	390,1
100	80	65,1			
110	85	69,4			
120	90	73,2			
130	95	78,7			
140	100	82,6			
150	105	86,5			

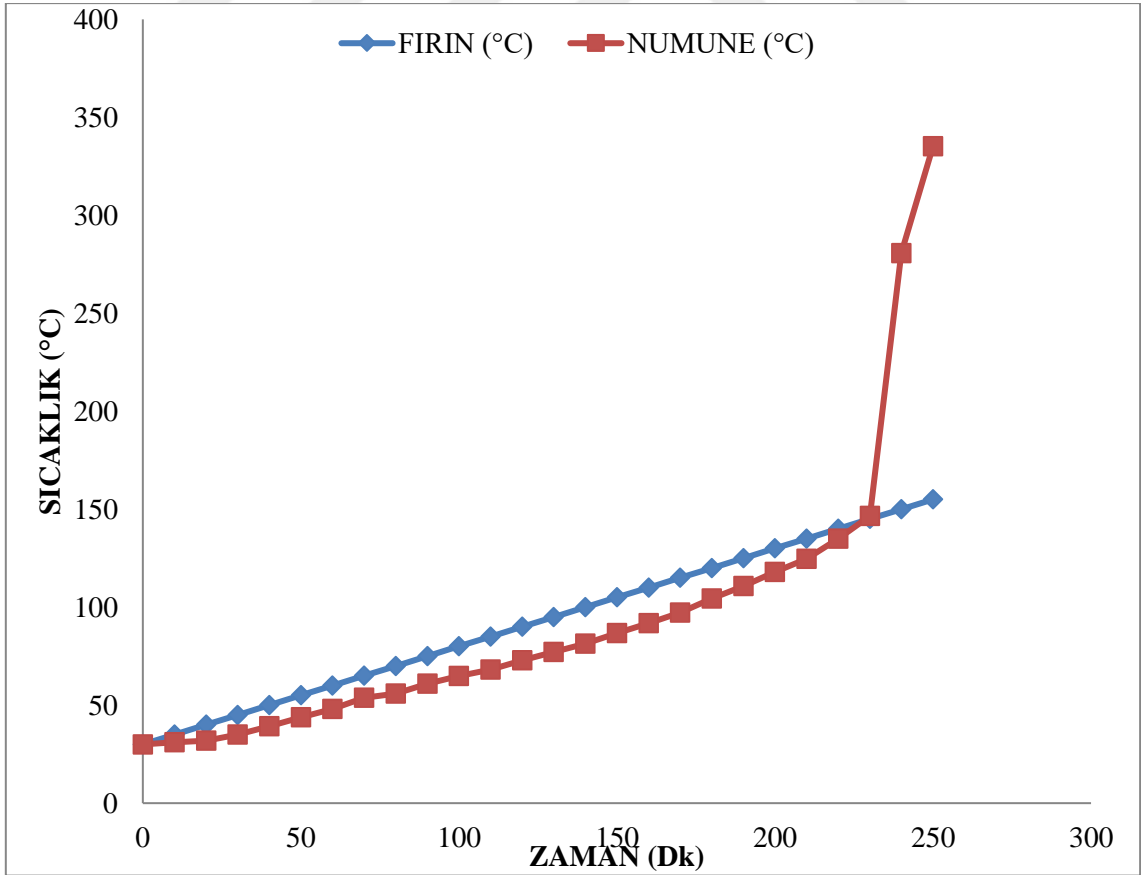
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
2.55	17.64	145	Yüksek



Ek 2.2. GLİ A2 Panosu Reaktör-1 (b) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30	160	110	91,9
10	35	31	170	115	97,2
20	40	31,9	180	120	104,4
30	45	35	190	125	110,8
40	50	39,2	200	130	117,9
50	55	43,8	210	135	124,7
60	60	48,1	220	140	135
70	65	53,7	230	145	146,5
80	70	55,9	240	150	280,7
90	75	61	250	155	335,2
100	80	64,8			
110	85	68,2			
120	90	72,8			
130	95	77,1			
140	100	81,4			
150	105	86,8			

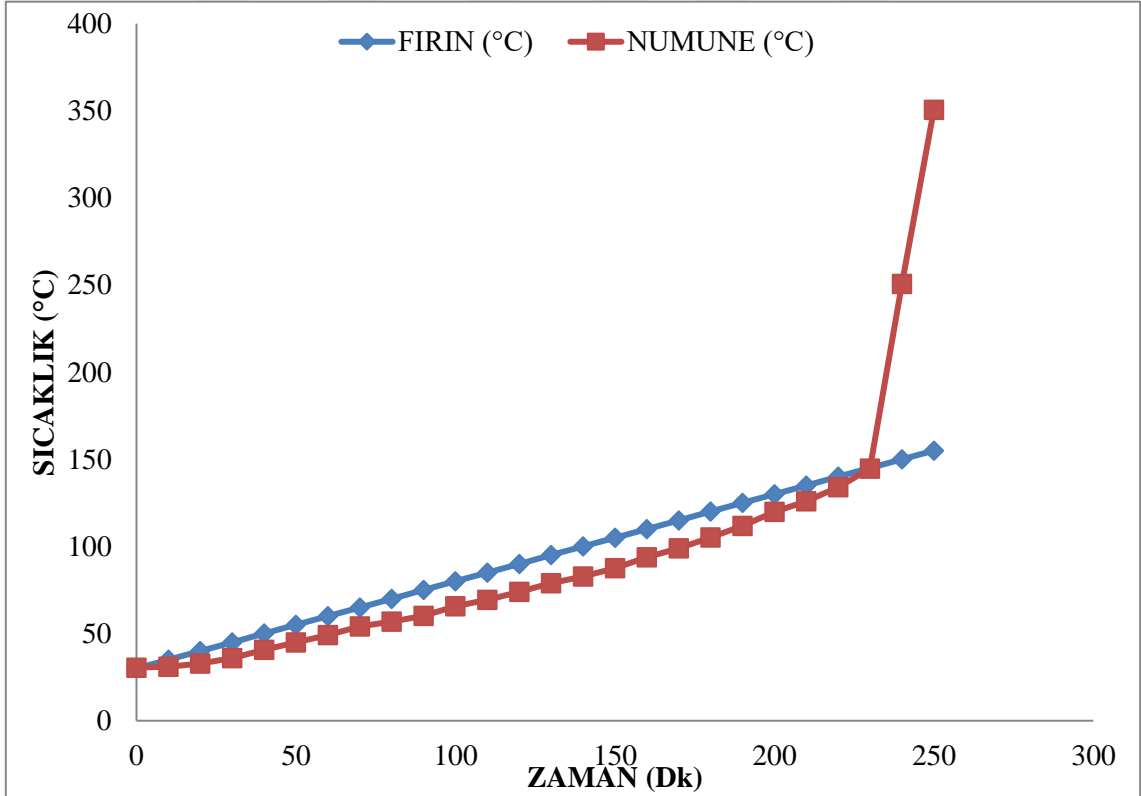
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{cc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
2.39	16.37	146	Yüksek



Ek 2.3. GLİ A2 Panosu Reaktör-1 (c) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30,5	160	110	93,8
10	35	31	170	115	99
20	40	32,8	180	120	105,2
30	45	36	190	125	111,7
40	50	40,8	200	130	119,9
50	55	44,9	210	135	125,9
60	60	49,1	220	140	134,1
70	65	54,1	230	145	144,7
80	70	56,8	240	150	250,7
90	75	60,1	250	155	350,5
100	80	65,7			
110	85	69,3			
120	90	73,9			
130	95	78,9			
140	100	82,8			
150	105	87,5			

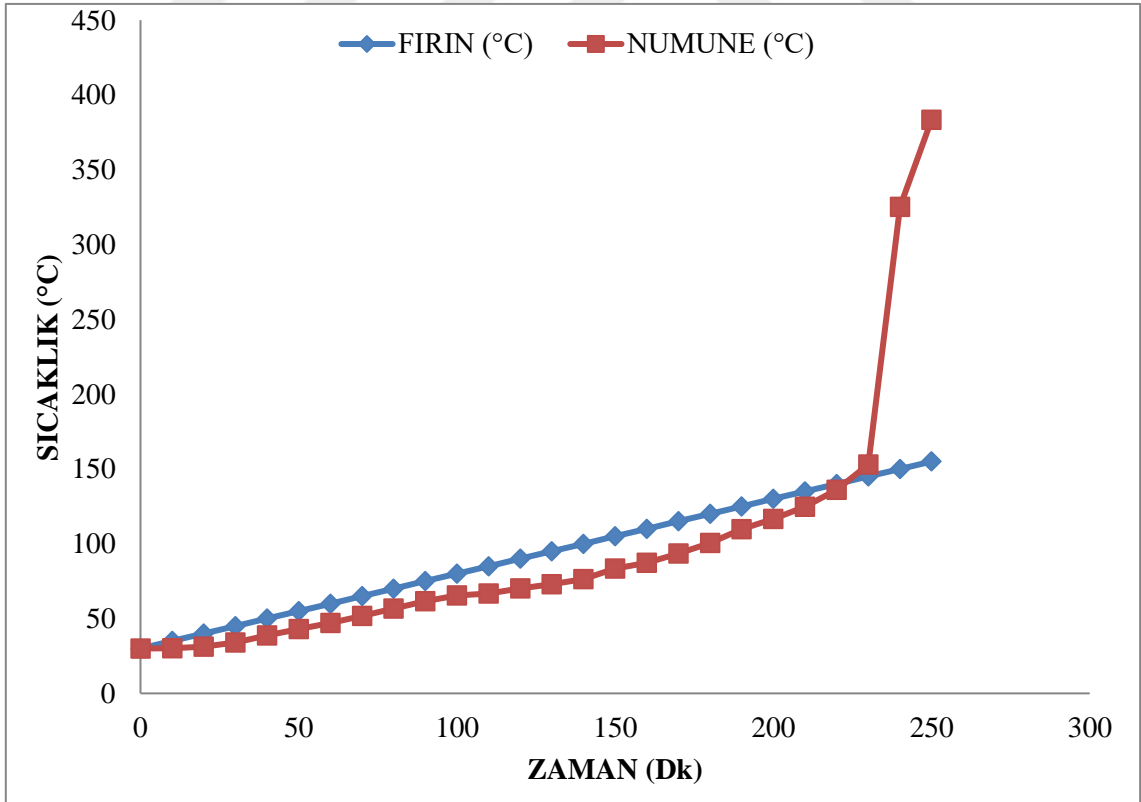
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
2.16	14.87	145	Yüksek



Ek 2.4. GLİ A2 Panosu Reaktör-1 (d) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30	160	110	87,3
10	35	30,1	170	115	93,4
20	40	31,2	180	120	100,6
30	45	34	190	125	109,7
40	50	38,7	200	130	116,5
50	55	42,9	210	135	124,8
60	60	47	220	140	136,1
70	65	51,8	230	145	152,9
80	70	56,6	240	150	325,1
90	75	61,6	250	155	383,4
100	80	65,5			
110	85	66,8			
120	90	70,1			
130	95	73			
140	100	76,4			
150	105	83,4			

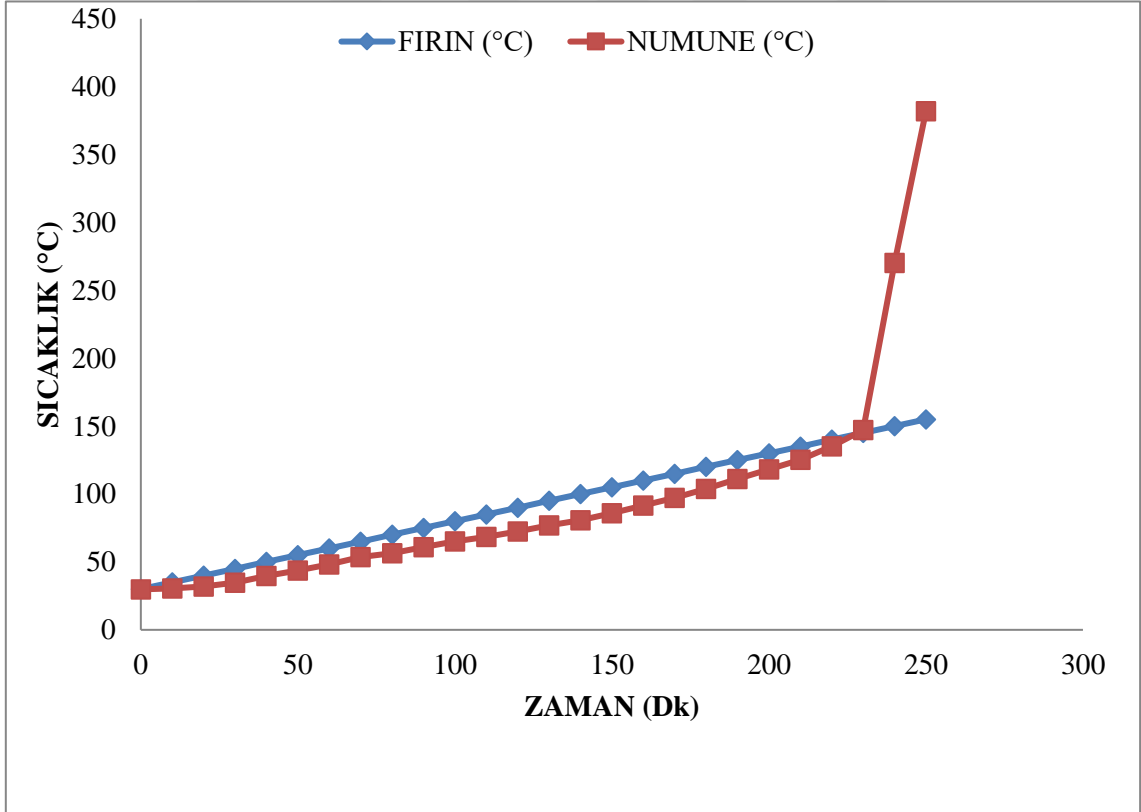
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
2.98	20.19	143	Yüksek



Ek 2.5. GLİ A2 Panosu Reaktör-1 (e) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,8	160	110	91,5
10	35	30,5	170	115	97,2
20	40	31,9	180	120	103,7
30	45	34,8	190	125	111,1
40	50	39,6	200	130	118,3
50	55	43,6	210	135	125,2
60	60	48,1	220	140	135,1
70	65	53,5	230	145	147,1
80	70	56,4	240	150	270,3
90	75	60,9	250	155	381,9
100	80	65,2			
110	85	68,4			
120	90	72,5			
130	95	76,9			
140	100	80,8			
150	105	86			

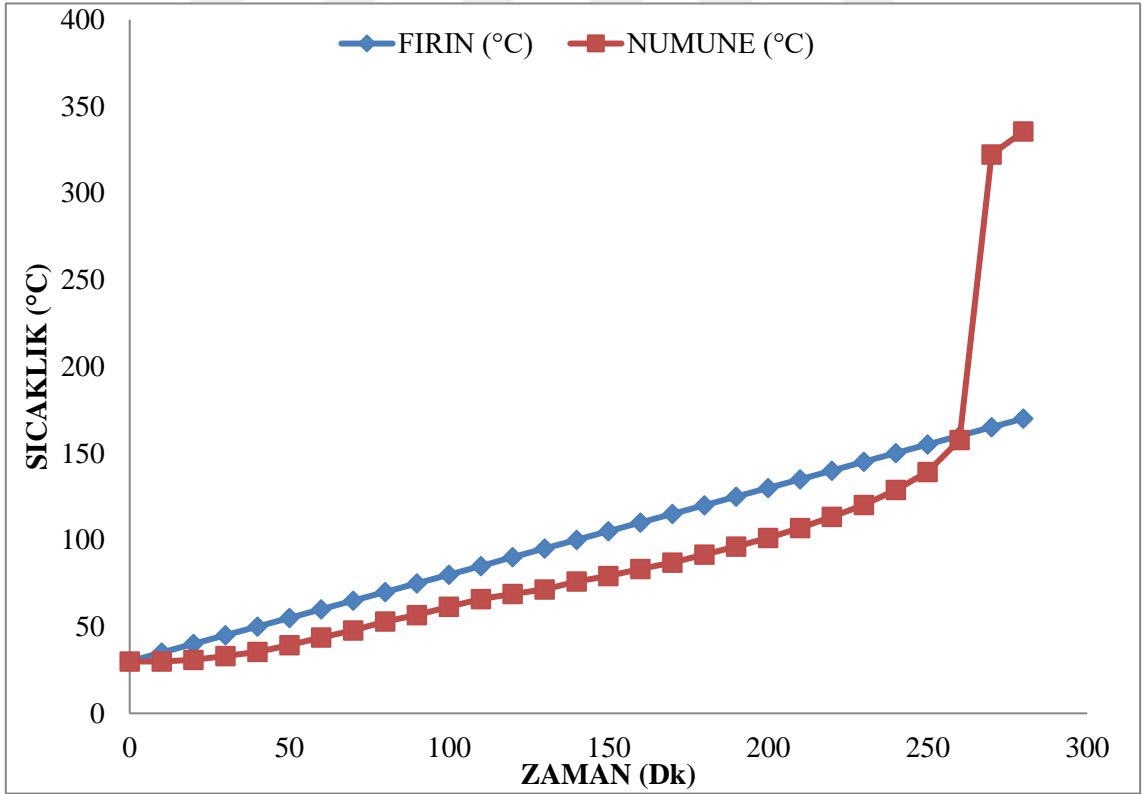
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
2.39	16.58	144	Yüksek



Ek 2.6. GLİ A2 Panosu Reaktör-2 (a) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,9	160	110	83,2
10	35	30	170	115	86,9
20	40	30,8	180	120	91,5
30	45	33	190	125	96,2
40	50	35,5	200	130	101,2
50	55	39,3	210	135	106,9
60	60	43,7	220	140	113,3
70	65	47,8	230	145	120,2
80	70	53	240	150	128,9
90	75	56,7	250	155	139,1
100	80	61,5	260	160	157,6
110	85	65,9	270	165	322,3
120	90	68,9	280	170	335,6
130	95	71,5			
140	100	76,1			
150	105	79,2			

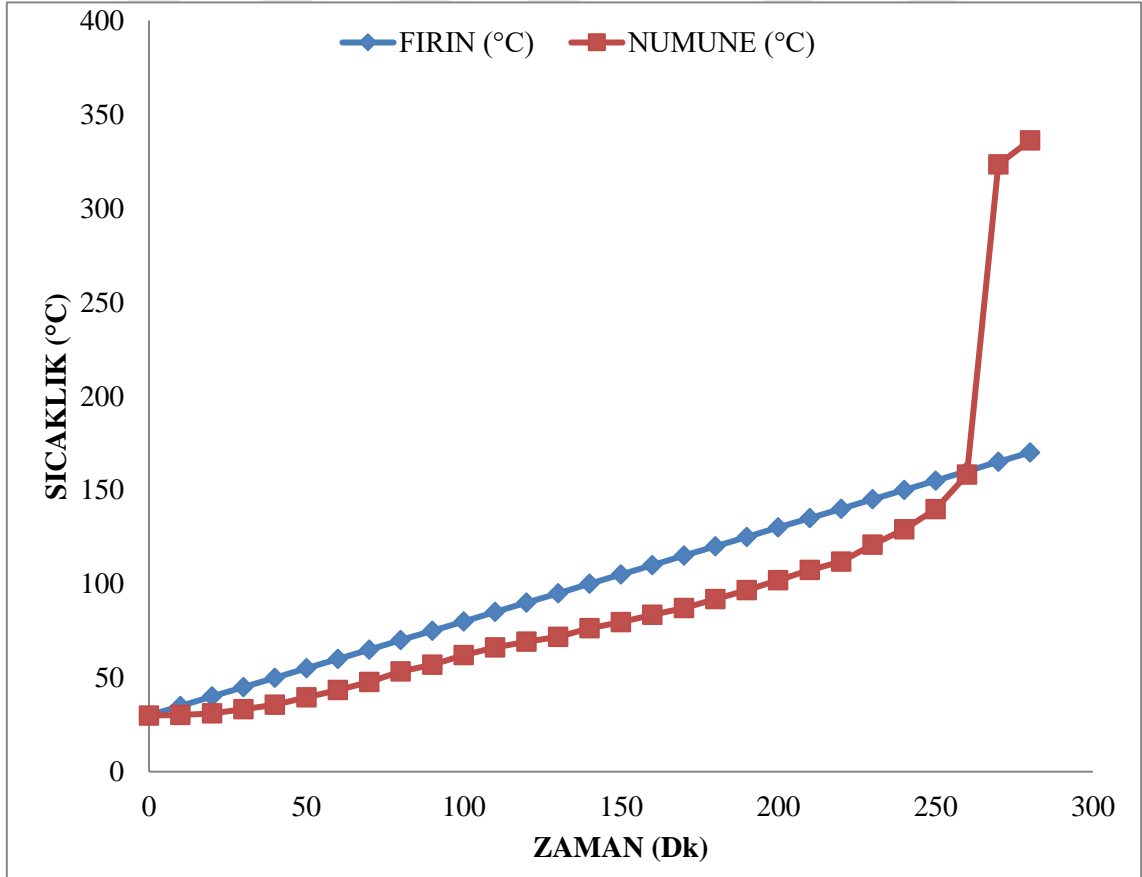
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{icc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
2.34	14.28	164	Yüksek



Ek 2.7. GLİ A2 Panosu Reaktör-2 (b) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,9	160	110	83,6
10	35	30,2	170	115	87,1
20	40	31,1	180	120	91,9
30	45	33,2	190	125	96,6
40	50	35,7	200	130	101,9
50	55	39,5	210	135	107,4
60	60	43,5	220	140	111,8
70	65	47,8	230	145	120,8
80	70	53,3	240	150	129
90	75	56,9	250	155	139,7
100	80	62	260	160	158,1
110	85	66,2	270	165	323,3
120	90	69,2	280	170	336,1
130	95	71,8			
140	100	76,4			
150	105	79,6			

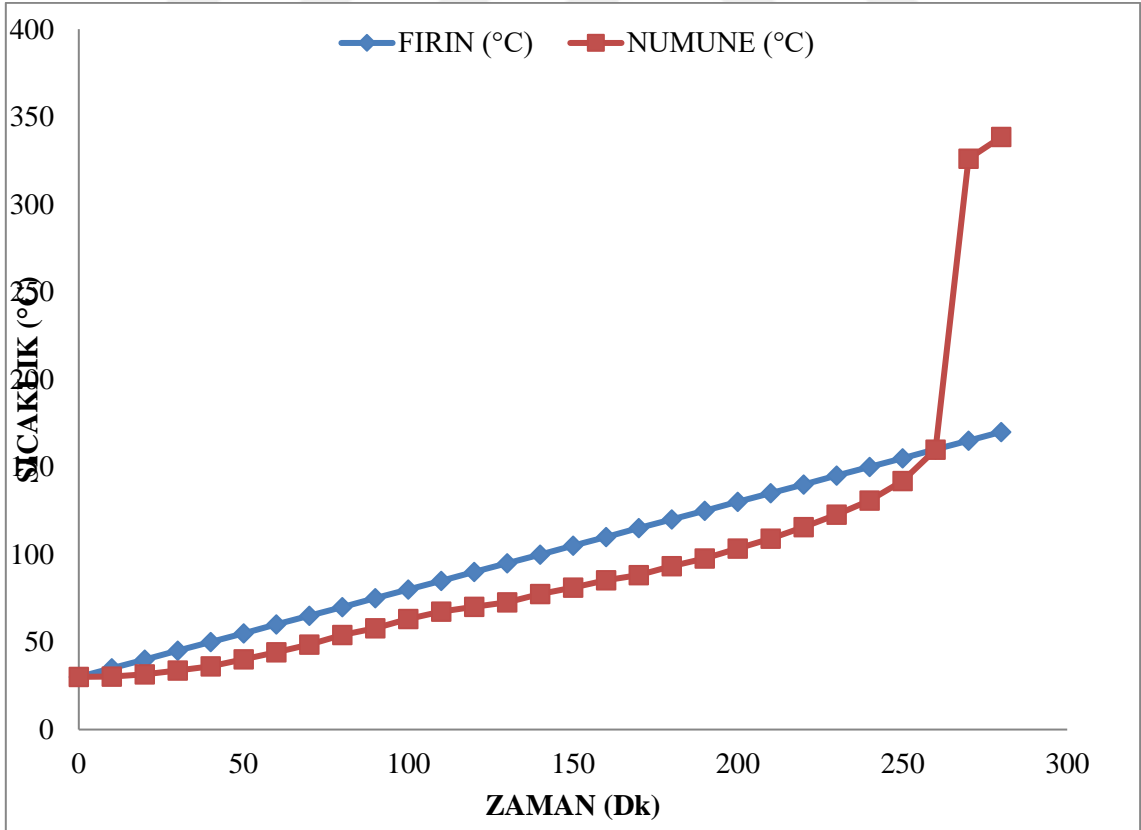
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
2.39	14.85	161	Yüksek



Ek 2.8. GLİ A2 Panosu Reaktör-2 (c) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30,1	160	110	85,2
10	35	30,3	170	115	88,3
20	40	31,5	180	120	93,4
30	45	33,8	190	125	97,8
40	50	36,2	200	130	103,4
50	55	40,1	210	135	109
60	60	44,2	220	140	115,6
70	65	48,5	230	145	122,7
80	70	54,1	240	150	130,8
90	75	57,9	250	155	142
100	80	63,1	260	160	159,9
110	85	67,3	270	165	326,1
120	90	70,2	280	170	338,4
130	95	72,7			
140	100	77,4			
150	105	81,1			

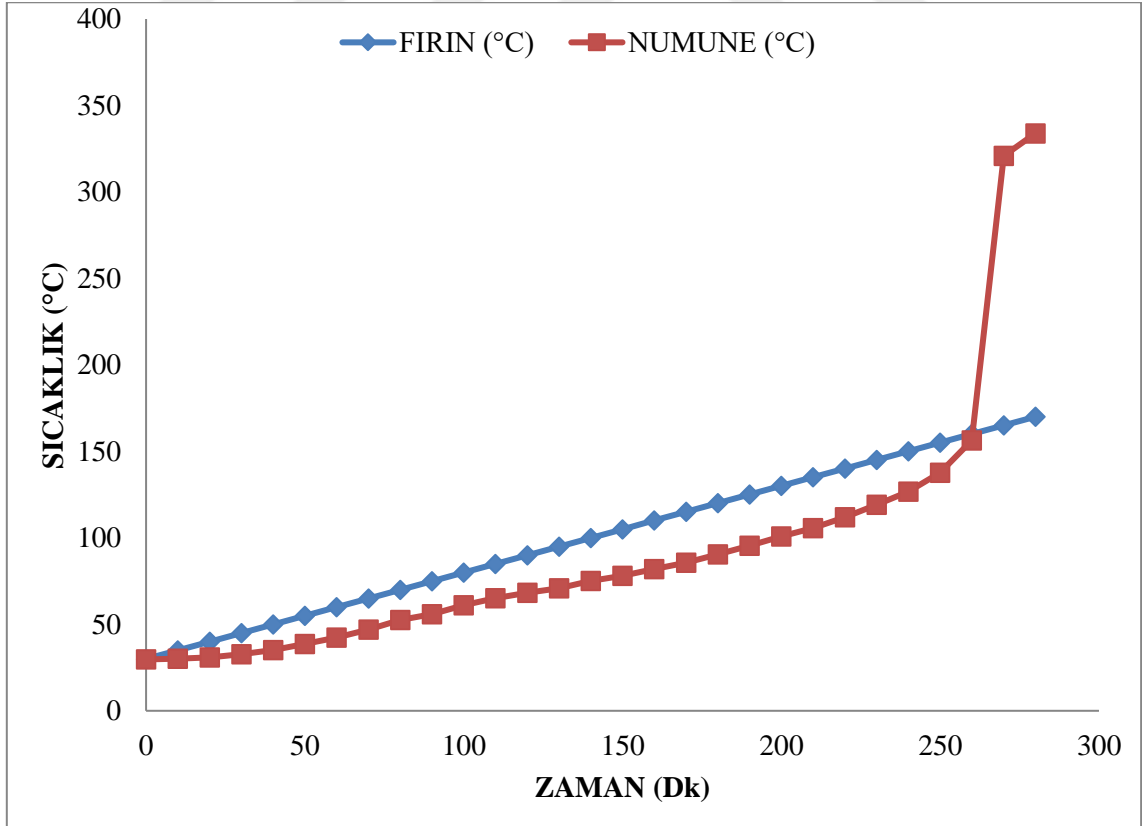
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkinlik İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
2.44	14.99	163	Yüksek



Ek 2.9. GLİ A2 Panosu Reaktör-2 (d) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,7	160	110	81,9
10	35	30,1	170	115	85,7
20	40	30,9	180	120	90,4
30	45	32,8	190	125	95,5
40	50	35,2	200	130	100,8
50	55	38,7	210	135	105,7
60	60	42,4	220	140	111,9
70	65	46,9	230	145	119,1
80	70	52,6	240	150	126,7
90	75	55,9	250	155	137,6
100	80	61	260	160	156,4
110	85	65,1	270	165	320,8
120	90	68,3	280	170	333,9
130	95	70,9			
140	100	75,2			
150	105	78,1			

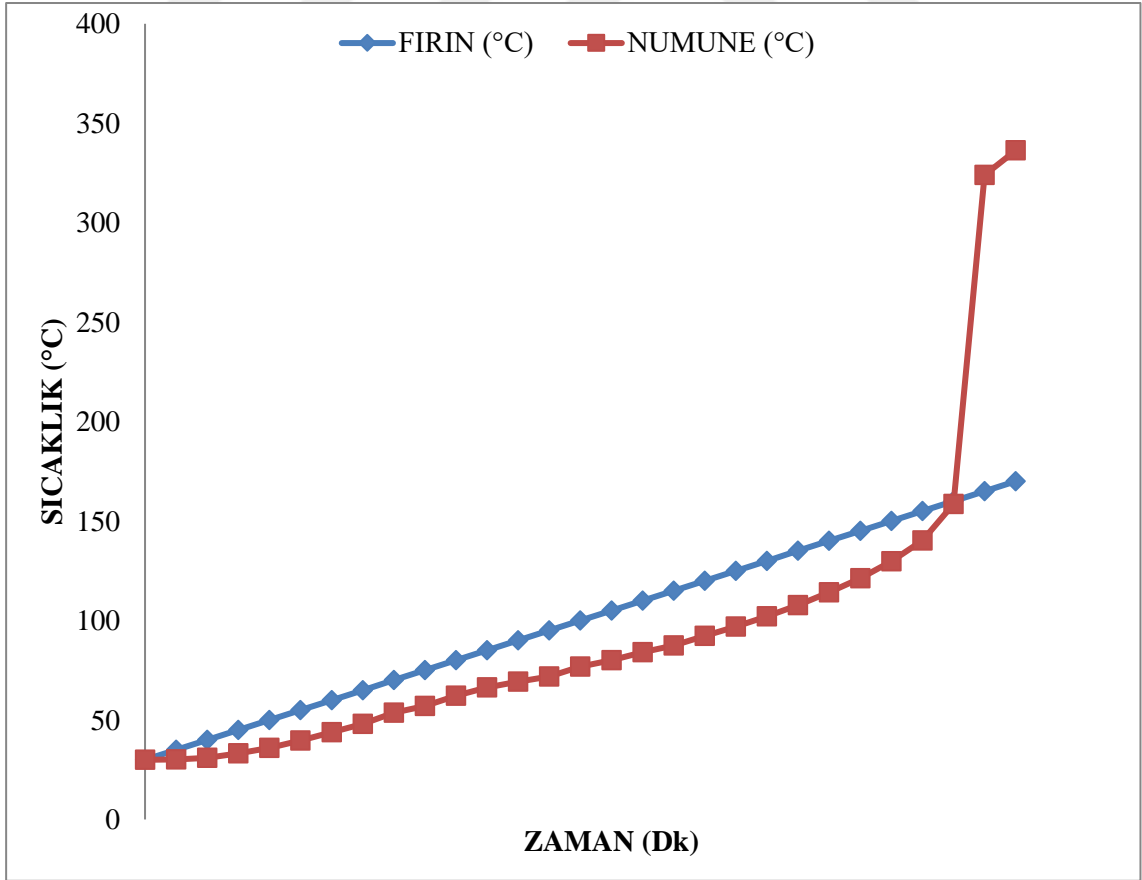
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{icc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
2.16	13.24	163	Yüksek



Ek 2.10. GLİ A2 Panosu Reaktör-2 (e) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	30	160	110	84,1
10	35	30,2	170	115	87,5
20	40	31	180	120	92,3
30	45	33,3	190	125	96,9
40	50	35,9	200	130	102,1
50	55	39,7	210	135	107,8
60	60	43,8	220	140	114,2
70	65	48,1	230	145	121,3
80	70	53,6	240	150	129,7
90	75	57,1	250	155	140,2
100	80	62,2	260	160	158,6
110	85	66,4	270	165	324
120	90	69,3	280	170	336,3
130	95	71,9			
140	100	76,8			
150	105	80			

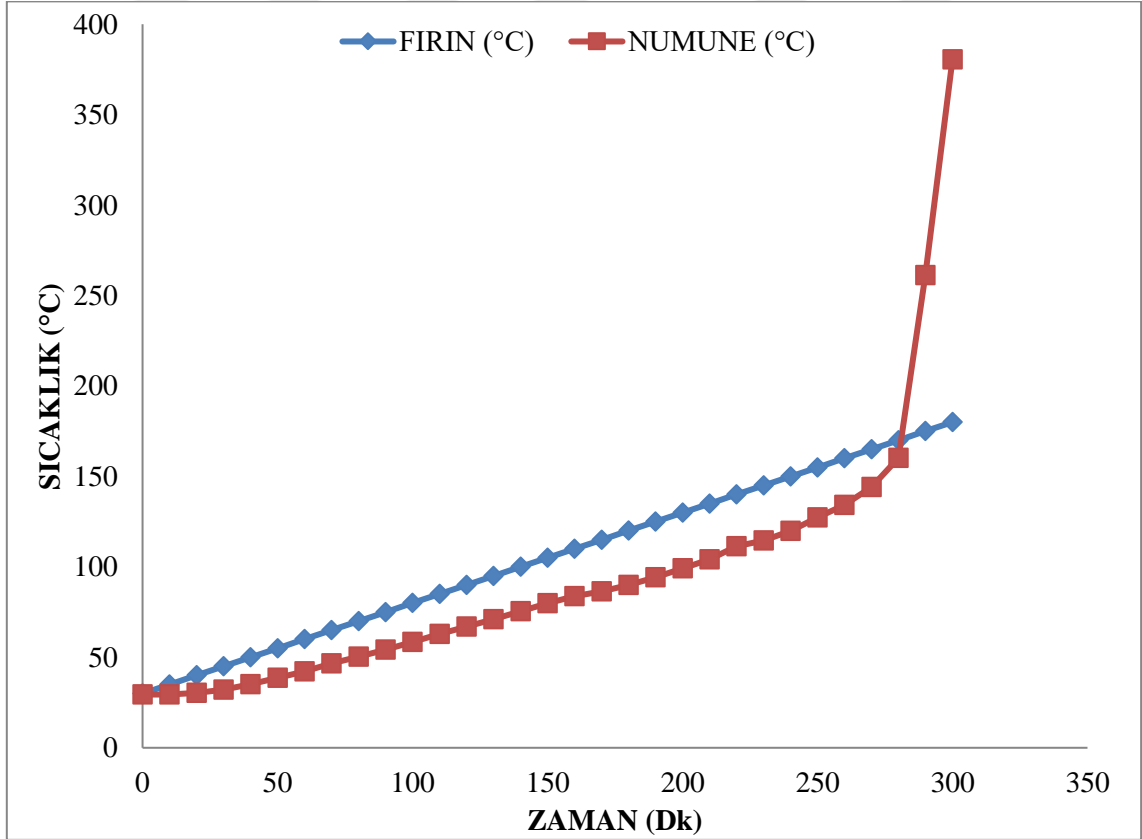
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
2.29	14.30	161	Yüksek



Ek 2.11. GLİ A2 Panosu Reaktör-3 (a) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Firin (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Firin (°C)	Numune (°C)
0	30	29,4	160	110	83,8
10	35	29,5	170	115	86,5
20	40	30,3	180	120	90
30	45	32,2	190	125	94,3
40	50	35,2	200	130	99,1
50	55	38,7	210	135	104,2
60	60	42,2	220	140	111,3
70	65	46,6	230	145	114,6
80	70	50,4	240	150	119,9
90	75	54,2	250	155	127,4
100	80	58,4	260	160	134,2
110	85	62,9	270	165	144,1
120	90	67	280	170	160,2
130	95	71,1	290	175	261,2
140	100	75,5	300	180	380,6
150	105	79,9			

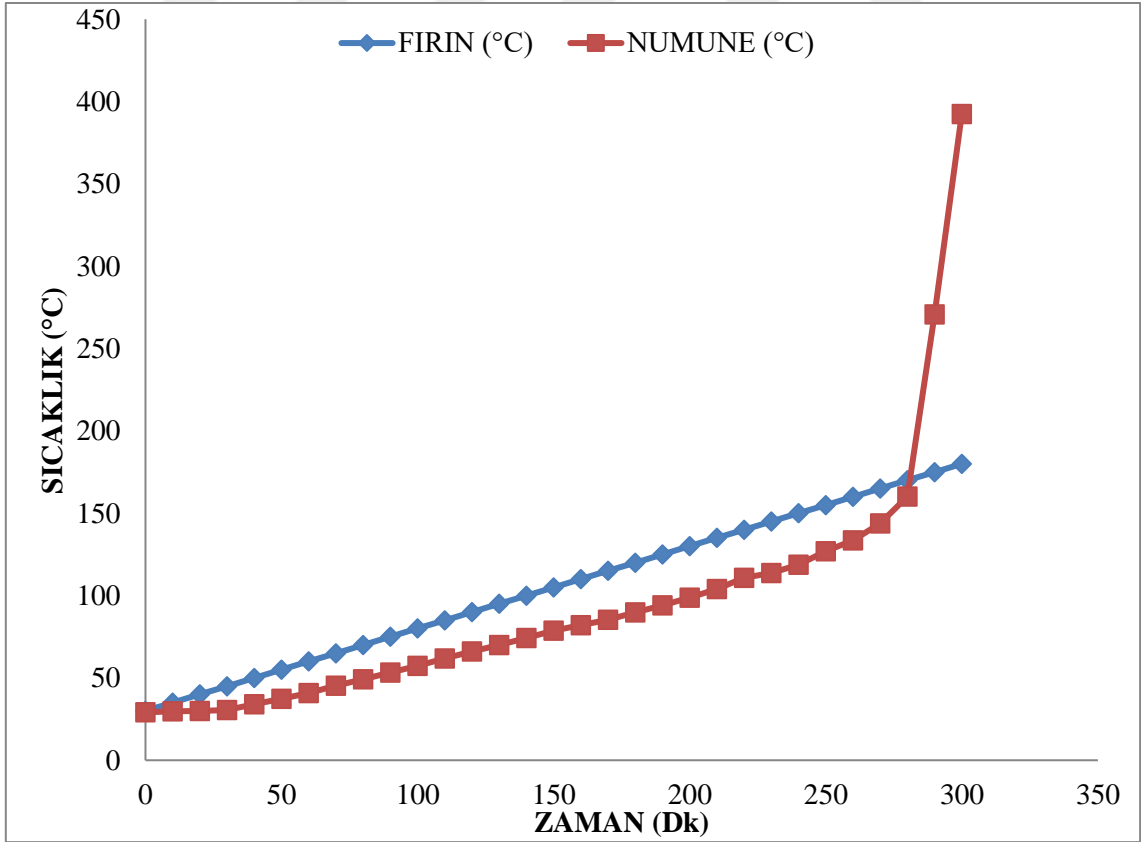
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I_{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.52	8.78	174	Orta



Ek 2.12. GLİ A2 Panosu Reaktör-3 (b) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,1	160	110	82,1
10	35	29,7	170	115	85,4
20	40	30	180	120	89,9
30	45	30,5	190	125	94,1
40	50	34,1	200	130	98,7
50	55	37,4	210	135	103,9
60	60	40,9	220	140	110,7
70	65	45,3	230	145	113,8
80	70	49,1	240	150	118,7
90	75	53,2	250	155	126,9
100	80	57,4	260	160	133,5
110	85	61,9	270	165	143,9
120	90	66,1	280	170	160,1
130	95	70	290	175	270,8
140	100	74,2	300	180	392,5
150	105	78,7			

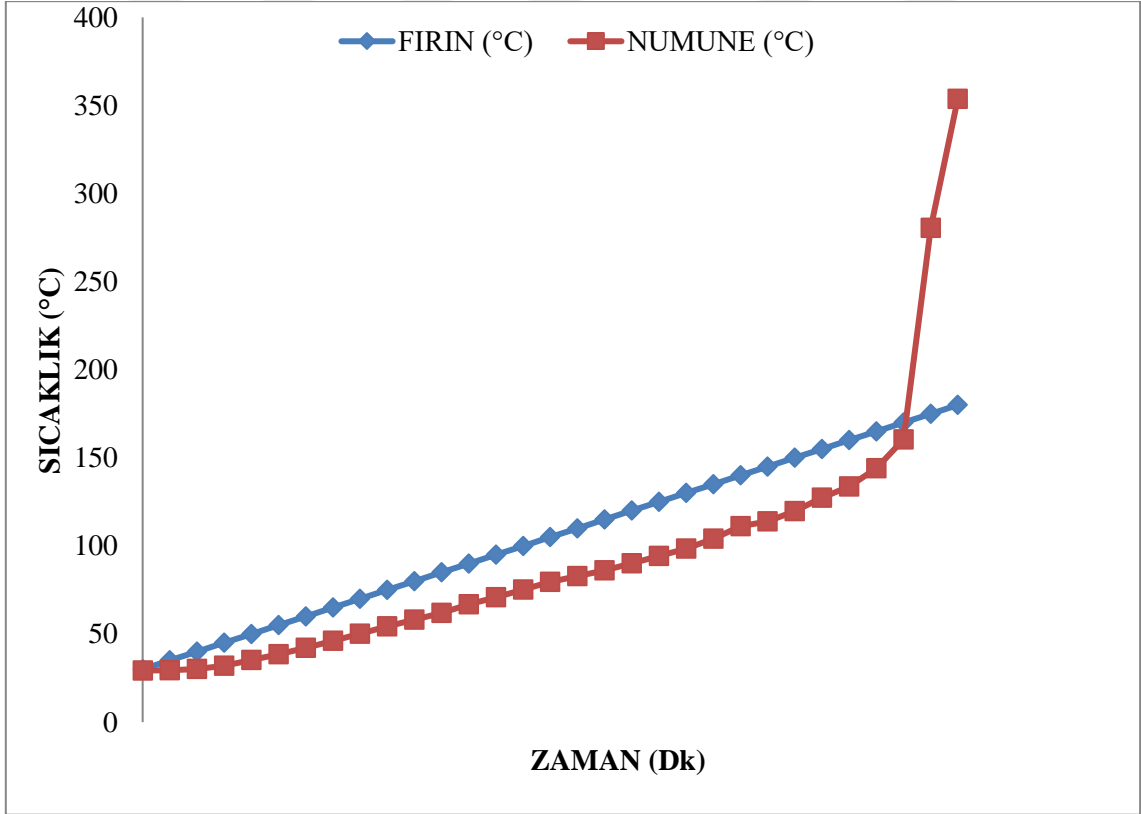
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.54	8.95	173	Orta



Ek 2.13. GLİ A2 Panosu Reaktör-3 (c) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Firin (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Firin (°C)	Numune (°C)
0	30	29,3	160	110	82,9
10	35	29,4	170	115	86,1
20	40	30,1	180	120	90,1
30	45	32	190	125	94,2
40	50	35,3	200	130	98,5
50	55	38,5	210	135	104,1
60	60	42,1	220	140	111,2
70	65	46,1	230	145	113,9
80	70	50,2	240	150	119,8
90	75	54,3	250	155	127,3
100	80	58,2	260	160	133,7
110	85	62	270	165	144
120	90	66,9	280	170	160,4
130	95	70,8	290	175	280,5
140	100	75,2	300	180	353,8
150	105	79,6			

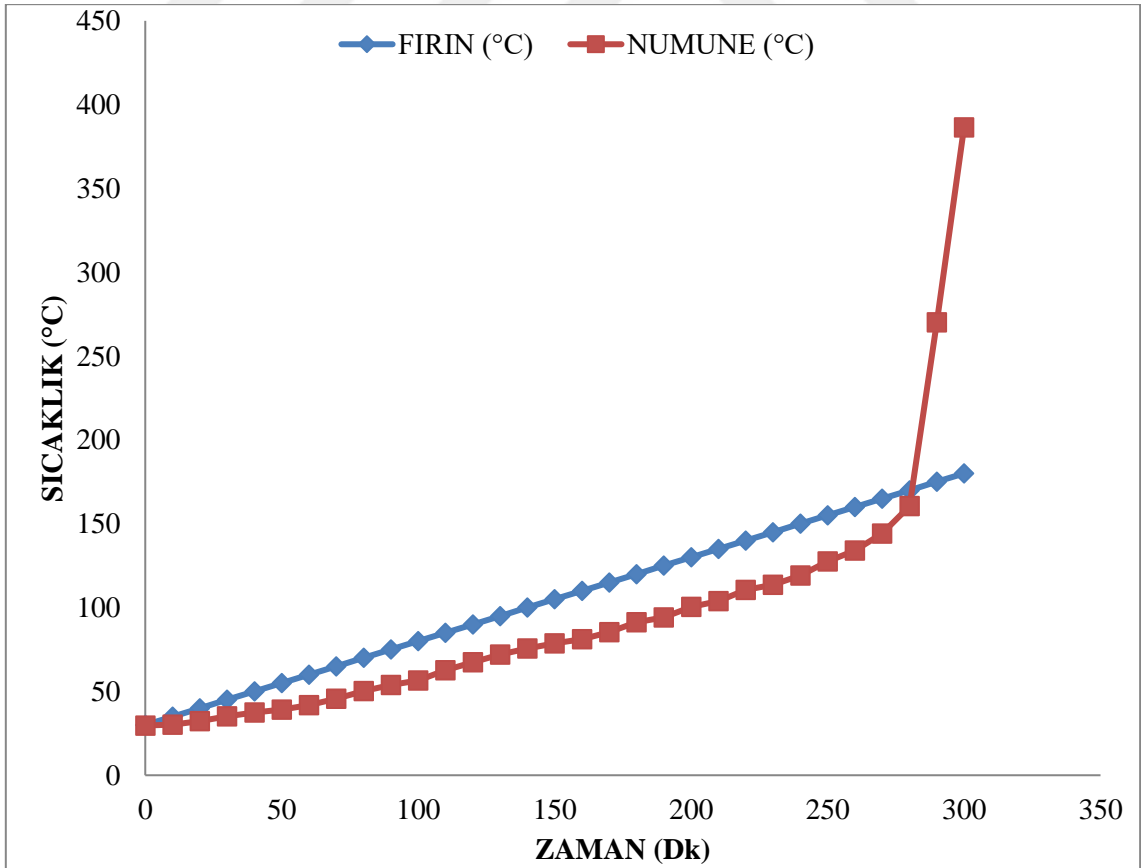
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.55	8.96	173	Orta



Ek 2.14. GLİ A2 Panosu Reaktör-3 (d) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,7	160	110	81,2
10	35	30,1	170	115	85,4
20	40	32,3	180	120	91,2
30	45	35,1	190	125	94,2
40	50	37,4	200	130	100,5
50	55	39,1	210	135	103,9
60	60	41,9	220	140	110,5
70	65	45,7	230	145	113,7
80	70	50,2	240	150	119,1
90	75	53,9	250	155	127,6
100	80	56,5	260	160	134
110	85	62,7	270	165	144,2
120	90	67,5	280	170	160,5
130	95	72	290	175	270,1
140	100	75,7	300	180	386,5
150	105	78,6			

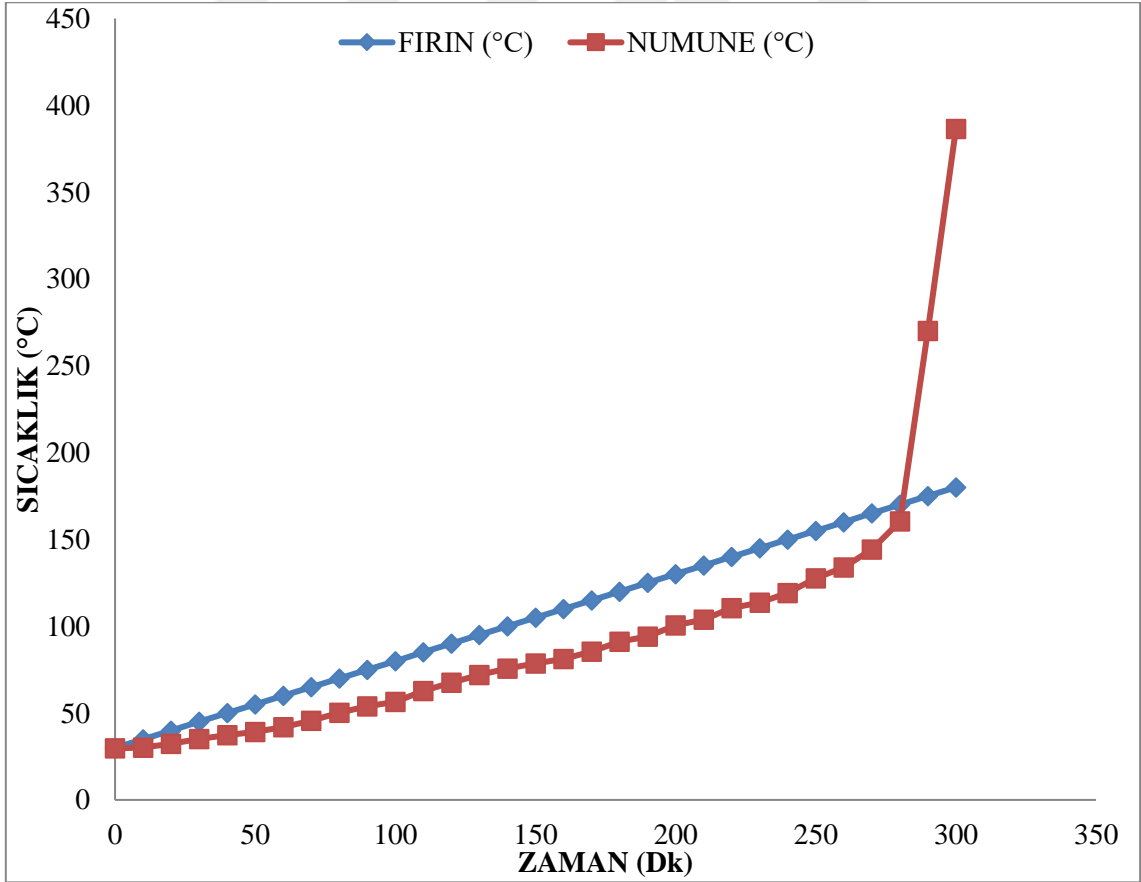
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkınlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.47	8.39	175	Orta



Ek 2.15. GLİ A2 Panosu Reaktör-3 (e) Deneyi Sonucu

Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)	Zaman (dak)	Fırın (°C)	Numune (°C)
0	30	29,7	160	110	81,2
10	35	30,1	170	115	85,4
20	40	32,3	180	120	91,2
30	45	35,1	190	125	94,2
40	50	37,4	200	130	100,5
50	55	39,1	210	135	103,9
60	60	41,9	220	140	110,5
70	65	45,7	230	145	113,7
80	70	50,2	240	150	119,1
90	75	53,9	250	155	127,6
100	80	56,5	260	160	134
110	85	62,7	270	165	144,2
120	90	67,5	280	170	160,5
130	95	72	290	175	270,1
140	100	75,7	300	180	386,5
150	105	78,6			

Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA) (°C/dk)	Yatkinlık İndeksi (I _{fcc}) (1/dk)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Yanma Riski
1.57	9.03	174	Orta



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Büşra DEMİR YILMAZ
Doğum tarihi ve yeri : 18.01.1993
e-mail : dmrbusr@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi	2010
Lise	Tavşanlı Cumhuriyet Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015	Dedeoğlu Mermer Sanayi TİC.LTD. ŞTİ.	Maden Mühendisi
2017	KÜMAŞ MAN. SAN. AŞ.	Şantiye Şefi

Yabancı Dil

İngilizce – orta