



**GAZLI FIRIN VE OCAKLARDA KULLANILAN LAMA VE DÖKÜM
MALZEMEDEN YAPILAN IZGARALARIN VERİM VE EMİSYONA ETKİSİ**

YUSUF DEMİRTEPE

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Serdar Osman YILMAZ

2024

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GAZLI FIRIN VE OCAKLARDA KULLANILAN LAMA VE DÖKÜM
MALZEMEDEN YAPILAN IZGARALARIN VERİM VE EMİSYONA ETKİSİ

YUSUF DEMİRTEPE

ORCID: 0000-0001-7760-9330

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Prof. Dr. Serdar Osman YILMAZ

TEMMUZ-2024

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

GAZLI FIRIN VE OCAKLARDA KULLANILAN LAMA VE DÖKÜM MALZEMEDEN YAPILAN IZGARALARIN VERİM VE EMİSYONA ETKİSİ

Yusuf DEMİRTEPE

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Serdar Osman YILMAZ

Evsel pişirici ve endüstriyel pişirme amaçlı kullanılan gazlı fırın ve ocaklarda kullanılan pişirici kapların yanıcı üzerinde pozisyonlarının doğruluğunun sağlanması ve pişirmenin kolay bir şekilde yapılabilmesi için yanıcıların üst kısmında ızgara kullanılmaktadır. Pişirici sektörü incelendiğinde bu ızgara ham maddesi üretilebilirlik, güvenlik, maliyet ve kullanım kolaylığı bakımından 2 farklı hammadden üretim yapılmaktadır. Bu hammaddeler lama çelik ve döküm malzemedir. Izgara tasarımı, hammaddesi yanma sonucu oluşan atık gazların emisyonuna ve yanma verimine etkisi oldukça fazladır. Ülkemizde gazlı pişirici kullanım oranı %74 iken Dünya’da gazlı pişirici kullanım oranı yaklaşık %42’dir. Bu oranlar göz önüne aldığımızda yanma sonucu ortaya çıkan atık gazların ve doğaya salınan ısının çevre etkisi oldukça fazla olduğu görülmektedir. Doğaya salınan atık gazlar ve atık ısı küresel ısınma başta olmak üzere birçok çevresel olumsuz etkisi olduğu bilinmektedir. Dünya’da ve ülkemizde enerji verimliliği ve atık gazların doğaya salınımının düşürülmesi konusunda oldukça fazla çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar doğrultusunda yanma sonucunda ortaya çıkan atık ısı ve atık gazların kullanılan ızgaraya göre değişimini ve bu hammaddelerin etkisini çalışmamızda deneysel olarak ortaya koyduk. Çalışmamız sırasında ızgara tasarımı NX programında yapılmış olup testler Bolu Arçelik Pişirici Cihazlar İşletmesi akredite gaz laboratuvarında EN30-1-1 standardının test talimatlarına göre yapılmıştır. EN30-1-1 standardında emisyon ve verim değerleri için minimum ve maksimum değerler belirlenmiştir. Testler sırasında kullanılan cihazlar testten önce kalibre edilmiş ve test ekipmanlarının standart maddelerine uygunluğu teyit edilmiştir. Testi yapan personelin test yeterlilik belgesi olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lama Çelik, Döküm Malzeme, Emisyon, Verim, Yanma, Gazlı Fırın

ABSTRACT

THE EFFECT OF GRILLS MADE OF LAMA AND CAST MATERIAL USED IN GAS FURNACES AND STOVES ON EFFICIENCY AND EMISSION

Yusuf DEMİRTEPE

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Serdar Osman YILMAZ

In gas ovens and stoves used for domestic cooking and industrial cooking, a grill is used on the top of the burners to ensure the accuracy of the position of the cooking utensils on the burner and to ensure easy cooking. When the cooking sector is examined, this grill raw material is produced from 2 different raw materials in terms of manufacturability, safety, cost and ease of use. These raw materials are lama steel and cast material. Grill design, raw material has a great impact on the emission of waste gases generated as a result of combustion and combustion efficiency. While the rate of gas cooker use in our country is 74%, the rate of gas cooker use in the world is approximately 42%. Considering these rates, it is seen that the environmental impact of the waste gases generated as a result of combustion and the heat released to nature is quite high. It is known that waste gases and waste heat released to nature have many negative environmental effects, especially global warming. In the world and in our country, there are many studies on energy efficiency and reducing the release of waste gases to nature. In line with these studies, we have experimentally demonstrated the change of waste heat and waste gases generated as a result of combustion according to the grate used and the effect of these raw materials in our study. During our study, the grill design was made in the NX program and the tests were carried out in the accredited gas laboratory of Bolu Arçelik Cooking Appliances plant according to the test instructions of EN30-1-1 standard. Minimum and maximum values for emission and efficiency values are specified in EN30-1-1 standard. The devices used during the tests were calibrated before the test and the compliance of the test equipment with the standard items was confirmed. It was determined that the personnel performing the test had a test qualification certificate.

Keywords: Lama Steel, Casting Material, Emission, Efficiency, Combustion, Gas Oven

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ	viii
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
TEŞEKKÜR	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	6
1.2.1 Gazlı Pişirici Cihazlarda Izgara Kullanım Prensipleri	7
1.3 Izgara Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	9
1.3.1 Lama Çelik Özellikleri.....	10
1.3.2 Dökme Demir Malzeme.....	11
1.3.3 Emaye Kaplama	13
1.4 Lama Izgara Üretim Yöntemi	13
1.4.1 Boy Kesme;.....	13
1.4.2 Kaynak Operasyonu;.....	14
1.4.3 Emaye Kaplama;	14
1.5 Döküm Izgara Üretim Yöntemi	15
2. GAZLI OCAK VE FIRINLARDA EMİSYON	17
2.1 Yanma Reaksiyonu ve CO Oluşumu	18
2.2 EN30-1-1:2021 Standardına Göre Ortam Emisyonu Hesaplama	20
2.3 2.2.1 Emisyon Ölçümü	20
2.3.1.1 Kullanılan Test Ekipmanları.....	22
2.3.1.2 Testin Yapılışı ve Değerlendirme.....	23
2.3.1.3 Izgara Hammaddesi Emisyon Üzerine Etkisi	27
3. GAZLI OCAK VE FIRINLARDA VERİM	29
3.1 Izgaraların Yanma Verimine Etkisi	30
3.2 Izgara Ağırlığının ve Izgara Hammaddesinin Yanma Verimine Etkisi	32
3.3 Yanma Verimi Ölçümü Sırasında Kullanılan Ekipmanlar	33
3.3.1 Gaz Tüketimi Ölçüm Cihazı	33
3.3.2 Dijital Hassas Termometre	34

3.3.3 Basınç Ölçüm Manometresi.....	35
3.4 Yanma Verimi Ölçümü.....	36
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
KAYNAKLAR.....	43
TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Deneyleerde Test Edilen Izgaralar	10
Çizelge 1.2. Bazı Lama Çelik Alaşımaları Özellikleri	11
Çizelge 1.3. Dökme Demir Malzeme Kimyasal Yapısı	13
Çizelge 2.1. Atık Gazların Havadaki Konsantrasyonunun İnsan Sağlığına Etkisi.....	17
Çizelge 2.2. Gazlı Ocak Emisyon Testi Sınır Koşulları	18
Çizelge 2.3. EN Standardında Yanıcı Gücüne Göre Test Koşulları.....	20
Çizelge 2.4. Döküm ve Lama Izgara ile Yapılan Emisyon Ölçüm Sonuçları	24
Çizelge 3.1. Yanma Verimi Test Koşulları	30
Çizelge 3.2. Lama ve Döküm Izgara Yanma Verimi Ölçüm Sonucu Gaz Tüketimi	38
Çizelge 3.3. EN Standardına Göre Lama Izgara Yanma Verim Ölçümü Hesabı.....	39
Çizelge 3.4. EN Standardına Göre Döküm Izgara Yanma Verim Ölçümü Hesabı.....	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Izgara Eklenmiş Gazlı Ocak.....	1
Şekil 1.2. Izgara Eklenmiş Gazlı Fırın	2
Şekil 1.3. Farklı Kaynaklardan Beslenen Pişirici Cihazların Pişirme Performans Kıyaslaması (Özsüer, 2019)	3
Şekil 1.4. Ocak Boyutu CO Emisyonu Kıyaslaması (Böke, Aydın ve Uğurluoğlu 2016).....	3
Şekil 1.5. Farklı Izgara Kalınlıklarında CO emisyonuna Etkisi CFD Analiz Çalışması.....	4
Şekil 1.6. Bosch Verimli Ocak Izgarası	4
Şekil 1.7. Yanma Verimi Testinde Kullanılan Farklı Tasarımdaki Tencere Özellikleri (Ahmadi, Rahbari, ve Mostafa, 2022)	5
Şekil 1.8. Yanma Veriminde Kullanılan Yanıcı Özellikleri (Ahmadi, Rahbari ve Mostafa, 2022).....	5
Şekil 1.9. CO Emisyon Sonuçları Görseli	6
Şekil 1.10. Dökme Demir Izgara Görseli	8
Şekil 1.11. Lama Çelik Izgara Görseli	8
Şekil 1.12. Premix Yanma Özelliğine Sahip Yanıcı Görseli.....	9
Şekil 1.13 Tek Yanıcıya Uygun Lama Çelik Izgara Görseli.....	14
Şekil 1.14. Döküm Yöntemi	15
Şekil 1.15 İkili Döküm Izgara Üst kalıp İç Yüzey Görseli	16
Şekil 1.16. Tekli Döküm Izgara Üst Kalıp İç Yüzey Görseli.....	16
Şekil 1.17. Tek Yanıcıya Uygun Dökme Demir ızgara Görseli	17
Şekil 2.1 5 Farklı Yanıcıya Sahip Lama Izgara Görseli	21
Şekil 2.2 5 Farklı Yanıcıya Sahip Döküm Izgara Görseli	21
Şekil 2.3. Yanıcı Üzerindeki Kör Nokta Görseli.....	22
Şekil 2.4. Siemens Marka Emisyon Ölçüm Cihazı	22
Şekil 2.5. Emisyon Ölçüm Tenceresinin Standarda Uygun Özel Kapağı	23
Şekil 2.6. Basınç Ölçüm Manometresi	23
Şekil 2.7. Emisyon Ölçüm Tenceresi ve Kapak Yerleşim Görseli.....	24

Şekil 2.8. Lama Izgara CO/Zaman Değişimi Grafiği Görseli	25
Şekil 2.9. Lama Izgara CO ₂ /Zaman Değişimi Grafiği Görseli.....	25
Şekil 2.10. Döküm Izgara CO ₂ /Zaman Değişimi Grafiği Görseli.....	25
Şekil 2.11. Döküm Izgara CO/Zaman Değişimi Grafiği Görseli	26
Şekil 2.12. Total Emisyon Ölçüm Sonuçları	26
Şekil 2.13. Döküm Yöntem Şeması Görseli.....	28
Şekil 2.14. Emisyon ve Emisyona Etki eden Parametreler Etkileşim Grafiği	28
Şekil 3.1. Uygun Olmayan Alev ve Tencere Kullanım Görseli	31
Şekil 3.2. Uygun Alev ve Tencere Kullanım Görseli.....	31
Şekil 3.3. Dökme Demir Mikro Yapısı Görseli.....	32
Şekil 3.4. Lama Çelik Mikro Yapısı Görseli	33
Şekil 3.5. Gaz Debisi Ölçüm Cihazı (Amerikan Test Metre).....	33
Şekil 3.6 Yanma Verimi Ölçümü Tenceresi ve Manometre Yerleşimi Görseli.....	34
Şekil 3.7 Yanma Verimi Ölçümünde Kullanılan Özel Dijital Termometre	34
Şekil 3.8 Basınç Ayar Manometresi	35
Şekil 3.9. Döküm Izgara üst Noktası/Alev Portları Mesafesi Görseli.....	37
Şekil 3.10. Lama Izgara Üst Noktası/Alev Portları Mesafesi Görseli.....	37
Şekil 3.11. EN30-1-1 Standardı Yanma Verimi Hesaplama Şablonu Görseli	38
Şekil 3.12 Lama ve Döküm Izgara ile Yapılan Yanma Verimi Ölçüm Testlerinde Gaz Tüketimi Grafiği Görseli	39
Şekil 3.13. Yanma Verimi ve Yanma Verimine Etki Eden Parametrelerin Etkileşim Grafiği	40

SİMGELER DİZİNİ

°	Açı
Al	Alüminyum
N	Azot
Cu	Bakır
°C	Celsius Derece
Zn	Çinko
Fe	Demir
σ	Gerilim
Sn	Kalay
C	Karbon
CO ₂	Karbondioksit
CO	Karbonmonoksit
K	Kelvin
Pb	Kurşun
S	Kükürt
Mn	Mangan
Si	Silisyum
ρ	Yoğunluk

KISALTMALAR DİZİNİ

C3H8	Propan Gazı
CFD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
CH4	Metan Gazı
CSA	Kanada Standart Birliği
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
E.M	Elastik Modül
EN	Avrupa Standart
EN	Avrupa Standartlarının Türkçe Uyarlaması
FLOEFD	Akıcı Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Mühendislik Analizi
GSO	Körfez İş Birliği Örgütü
I.G	Özgül Isı Kapasitesi
kW	Kilowatt
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
Mbar	Milibar
NG	Doğalgaz
PPM	Parts Per Million (İngilizce)
SASO	Suudi Arabistan Standartları Organizasyonu
T.İ	Termal İletkenlik
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Çalıőmam boyunca bana yol gösteren ve destekleyen Arçelik A.Ő Piőirici Cihazlar İőletmesi'ne kıymetli mūdūrlerime ve amirlerime, sevgili iő arkadaşlarıma, sayın danışmanım Prof. Dr. Serdar Osman Yılmaz'a tezi hazırlamamda yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Tanju Teker'e ve eğitimim boyunca üzerimde emeği bulunan tüm hocalarıma, ayrıca beni yüksek lisans çalışması yapmaya teşvik eden ve bana güvenen, ilgi ve sevgisini esirgemeyen aileme sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

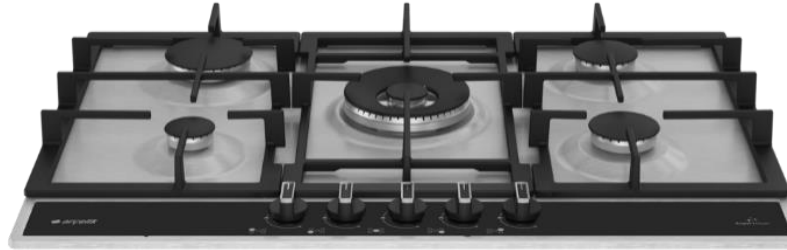
Yusuf DEMİRTEPE

Makine Mühendisi

1. GİRİŞ

Ateşin bulunması ile insanlar yiyeceklerin pişirilmesinin kolay olmasını sağlayacak ızgara kullanımını milattan önce kullanmaya başladıkları tarihsel belgeler ile ortaya çıkmıştır. Anadolu'da yaygın olarak kullanılan ve topraktan inşa edilen fırınların genel amacı ortaya çıkan ısının etkin şekilde kullanımının sağlanmasıdır. Bu amaçla insanlık yüzyıllar önce ısının verimli kullanılması ile ilgili bilinçli veya bilinçsiz olarak çalışma yaptığı gözlemlenmektedir. Emisyon konusu her ne kadar son yüzyılda bahsedilmeye başlanmış olsa da katı yakıtlar (odun, kömür vb.) yanması sonucu ortaya çıkan duman emisyon olarak değerlendirilmektedir. Eski dönemlerde insanlar bu dumandan ve zehirli gazlardan korunmak amacıyla baca sistemleri ve dumansız alev yakma gibi buluşları geliştirmiştir. Son yüzyılda ise gaz yakıtlarının kullanımının artması ile verim ve emisyon konusunda farklı çalışma ve yanma teknolojileri geliştirilmiş ve gelişmeye devam edilmektedir.

Izgara ocak ve fırınlarda yanıcıların üzerine konulup pişirici kap ile yanma sonucu oluşan alev arasında etkileşimi sağlayan yapı olarak bilinmektedir. Bu yapı, gazlı ocak ve fırında yanıcıların üst kısmına konumlandırılmaktadır. Şekil 1.1.'de ve Şekil 1.2.'de pişirici cihaz üzerinde konumlandırılmış ızgara görseli görülmektedir.



Şekil 1.1. Izgara Eklenmiş Gazlı Ocak



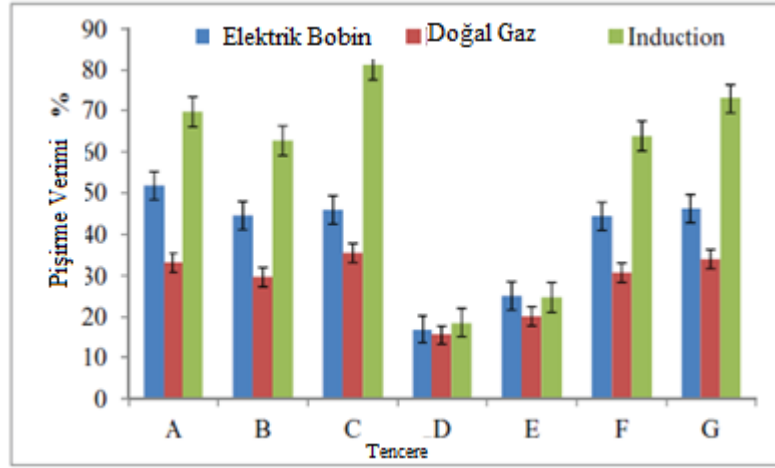
Şekil 1.2. Izgara Eklenmiş Gazlı Fırın

Gazlı yanıcılarda kullanılan ızgaralar tasaları sırasında görselliğe dikkat edilirken aynı zamanda ise ızgaraların alevle ile teması, yanma için gerekli olan birincil ve ikincil hava beslemesine olan etkisi, yanıcıdan çıkan alevle olan uzaklığı, toplam ağırlığı, dayanıklılığı gibi konular dikkate alınarak tasarım yapılmaktadır. Tasarımı yapılan ızgaralar standartların getirmiş olduğu testler uygulanarak onay verilir veya reddedilir.

1.1 Literatür Özeti

Izgara ve ızgara hammaddesinin yanma verimine ve emisyonu olan etkisi ile ilgili yapılan makale, yayın ve patent çalışmalarına aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

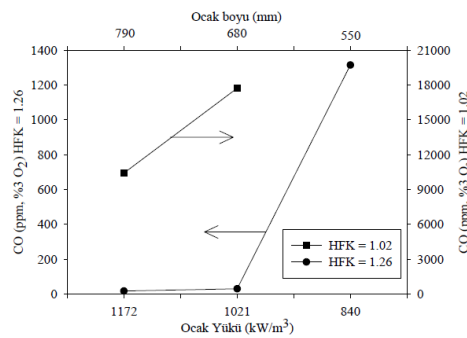
Özsüer. (2019)'e göre set üstü ocaklarda kullanılan gaz tipi brülörün performansının induksiyon ve radyant tipi set üstü ocaklara göre farklılık gösterdiğini belirtmiş ve kıyaslamasını yapmıştır. Bu çalışmada ızgara tasarımının ve ağırlığının yanıcının performansına olan etkisini incelemiş ve atık gazlarının miktarının ve yanma performansının ızgara tasarımı ile ilişkili olduğunu deneysel yöntemler ile göstermiştir. Çalışma sırasında farklı tencere boyutları ve pişirme amacıyla kullanılan gereçleri farklı ağırlıklarda kullanarak yükün yanma performansına olan etkisini gözlemlemiştir. Deneylerinde elektrikli ocak performansı, gazlı ocak performansı ve induction ocak performansı kıyaslaması yapmaktadır.



Şekil 1.3. Farklı Kaynaklardan Beslenen Pişirici Cihazların Pişirme Performans Kıyaslaması (Özsüer, 2019)

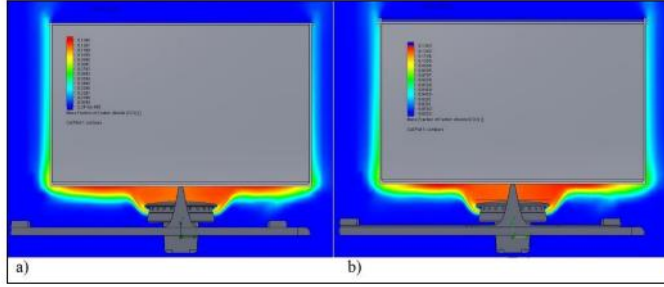
Katı yüzeylerin yanma verimine ve emisyonuna olan etkisi ile ilgili yapılan çalışmada alışmada doğalgaz yakılan bir ocakta katı yüzeyin emisyon ve verim üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmalarında doğalgaz ile çalışan su dolu bir test kazanına farklı ebatlarda dolgu malzemeleri koyarak kütlelerin verim ve emisyonuna etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda kütlelerin alevle teması sonucunda yanma veriminin, alev sıcaklığının düştüğü ve emisyon değerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma ızgara tasarımında alevin soğuk kütle ile temas etmemesi gerektiği tezine destek olmaktadır. (Böke, Aydın ve Uğurluoğlu 2016)

Ocak yükünün emisyonuna olan etkisinin incelenmesi çalışmasında doğalgaz yanmasında ocak yükünün karbonmonoksit üzerine etkisi incelenmiştir. Yanma odası hacmi ve yanıcı ısı gücü birlikte azaltıldığında emisyon değerinin yükseldiği gözlemlenmiştir. Yanma odası hacmi en küçük ve yanıcı gücü en düşük olduğu durumda karbonmonoksit emisyonunun 1200 ppm değerini aldığı gözlemlenmiştir. (Böke vd.2016)



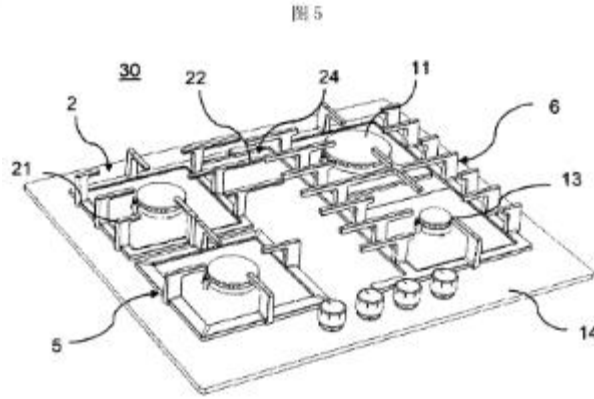
Şekil 1.4. Ocak Boyutu CO Emisyonu Kıyaslaması (Böke, Aydın ve Uğurluoğlu 2016)

Evsel pişirici cihazlarda yanma sonucu oluşan atık gazların emisyonunun incelendiği bir çalışmada ızgara tasarımının evsel pişirici ocaklardaki emisyonu etkisini incelemiştir. Çalışmada ızgara yüksekliğinin ve tasarımının karbonmonoksit emisyonuna neden olduğu desteklenmiştir. Çalışmalar FLOEFD analiz programında yapılmıştır.(Amirabedin, Anık ve Karaduman, 2019)



Şekil 1.5. Farklı Izgara Kalınlıklarında CO emisyonuna Etkisi CFD Analiz Çalışması

Bosch Firması 2012 yılında yapmış olduğu patent başvurusunda tasarlamış olduğu ızgaranın ocak yanıcılarının verimini arttırdığı ve karbonmonoksit emisyonun da düşürdüğü iddiasını patentini almıştır. (China, EP Patent No. CN102589022A, 2012)



Şekil 1.6. Bosch Verimli Ocak Izgarası

Kütlenin yanıcı verimine etkisi inceleme çalışmasına çalışmada evsel pişirici cihazlarda tencereyi destekleyici aparatların malzemesinin ve kütlesinin yanıcı verimine etki ettiğini ve pişirme süresini etkilediğini belirten bir çalışma yayınlamıştır. (Cimini ve Moresi,2019)

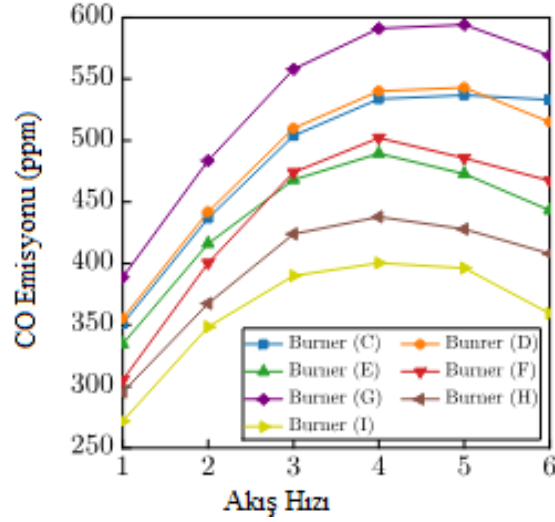
Yanıcı tasarımlarının incelenmiş olduğu çalışmada yanıcı tiplerinin ve alevlerinin çıktığı portların tasarımları yanma verimini etkilediği ve yanma sonucunda çıkan atık gazların oranının alev sıcaklığına bağlı olduğunu özetleyen bir çalışma yayınlamıştır. Ahmadi bu çalışmada 9 farklı tasarımdaki yanıcıların yanma verimlerini ölçmüş ve yanma veriminin yanıcı ve ızgara tasarımına direkt olarak bağlı olduğunu testleri sonucunda ortaya koymuştur. (Ahmadi, Rahbari ve Mostafa, 2022)

Tencere Özellikleri	A	B	C	Birim
Orta Yükseklik Ölçüsü	200	230	300	mm
Yükseklik	130	150	190	mm
Taban Ölçüsü	145	180	220	mm
Tencere Ağırlığı	783,5	1026	1486	g
Tencere Kapasitesi	3	5	10	L
Kapak Ağırlığı	158,2	203	226	g

Şekil 1.7. Yanma Verimi Testinde Kullanılan Farklı Tasarımdaki Tencere Özellikleri (Ahmadi, Rahbari, ve Mostafa, 2022)

Yanıcı Tasarım Parametreleri	Birim	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Yanıcı Delik Sayısı	-	68	40	48	120	120	120	60	60	100
Delik Ölçüleri	mm	2,7	2x1,5	3	1x0,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Yükseklik	mm	15	20	12	12	12	12	12	12	12
Dış Yanıcı Ölçüsü	mm	130	65	80	80	80	80	80	80	80
İç Yanıcı Ölçüsü	mm	-	-	-	-	35	35	-	25	25

Şekil 1.8. Yanma Veriminde Kullanılan Yanıcı Özellikleri (Ahmadi, Rahbari ve Mostafa, 2022)



Şekil 1.9. CO Emisyonu Sonuçları Görseli

Kütlenin yanma verimine olan etkisinin incelendiği çalışmada kazan yanma odasına yerleştirmiş olduğu farklı çaplardaki kütlelerin yanma verimine ve yanma sonucu oluşturduğu NO_x ve CO emisyonlarına etkisini kontrol etmiştir. Kazan içerisine koyduğu kanatçıkların yanma verimini arttırdığını emisyonları ise düşürdüğü tespitini yapmıştır. Çıkan sonuçta yanma verimi arttıkça emisyon oranlarında düşmeler olabileceğini göstermektedir. (Uğurluoğlu, 2007)

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Her mutfakta pişirme performanslarıyla hayat konforuna katkı sağlayan ocak ve fırınlar hayatımızda önemli bir yere sahiptir. Fosil yakıtların kullanımının artması ve ulaşılabilirliğin ucuzlaması ile yanıcı gazların evlerde ve endüstriyel işletmelerde kullanımı da artmıştır. Bu artış kullanıcılar için kolaylık sağlasa da çevresel olumsuz etkileri de günden güne artmaktadır. Yapılan çalışmalarda önümüzdeki 10 yıl içerisinde bölgesel bazda gazlı pişirici cihaz kullanım oranının %12'e yakın oranda artacağı öngörülmektedir.

Evsel ve endüstriyel gazlı fırınlarınlar da yanma sonucu ortaya çıkan emisyon değeri her ne kadar küçük bir oran gibi görünse de Dünya'da %42'lik bir gaz kullanımı göz önüne alındığında bu küçük oran çarpan etkisi ile çevresel zararları oldukça fazla olduğu bilinmektedir. Ayrıca yanma sonucunda yanma sonucu ortaya çıkan ısının verimli şekilde kullanılamaması bu zararlı etkiyi daha da arttırmaktadır. Dünyada gazlı fırın ve ocaklar için belirlenmiş birçok standart mevcuttur. Amerika kıtası için CSA, Avrupa Kıtası için EN, Körfez ülkeleri için SASO ve GSO gibi birçok farklı standart ve uygulama mevcuttur. Bu standartların bazılarında yanma verimi için minimum değer belirlenmiştir. Fakat bazı standartlarda minimum verim değeri belirlenmemiştir. Emisyon değeri ise her standartta 1000 ppm olarak

belirlenmiştir. Bu değer DSÖ'nün çalışmaları sonrasında insan sağlığına zarar verebilecek minimum emisyon değeridir. Bu standartlara göre üretim yapan üreticiler bu limit değerleri sağlamak zorunluluğu vardır. (British Standards Institution , 2021)

Bu çalışmada gazlı fırın ve ocaklarda emisyon ve yanma verimini direkt olarak etkileyen gazlı ocak ve fırın ızgaralarının hammaddesinin emisyon ve yanma verimine ne kadar etkisi olduğunu gösterilmesi amacıyla yapılmıştır. Farklı hammaddelerden aynı tasarım ile imal edilen ızgaralar farklı yanıcı güçlerine sahip yanıcılarda, EN30-1-1 standardına göre verim ve emisyon testine tabi tutularak çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

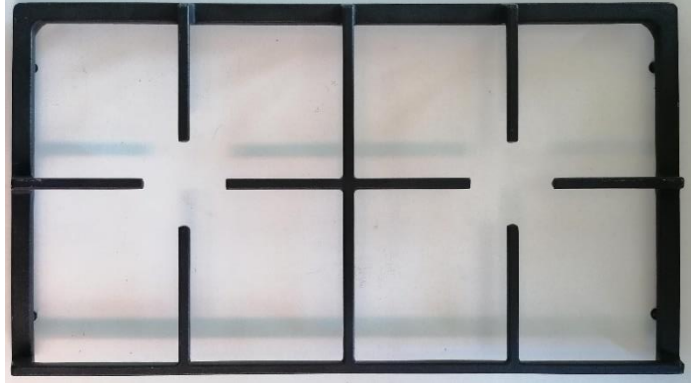
Deneyle sonrasında gaz tipine göre ızgara hammaddesinin verim ve emisyon üzerindeki etkisi karşılaştırılarak bundan sonra sektörde yapılacak tasarımlar ve çalışmalar için bir yol gösterici çalışma olması amaçlanmaktadır.

1.2.1 Gazlı Pişirici Cihazlarda Izgara Kullanım Prensipleri

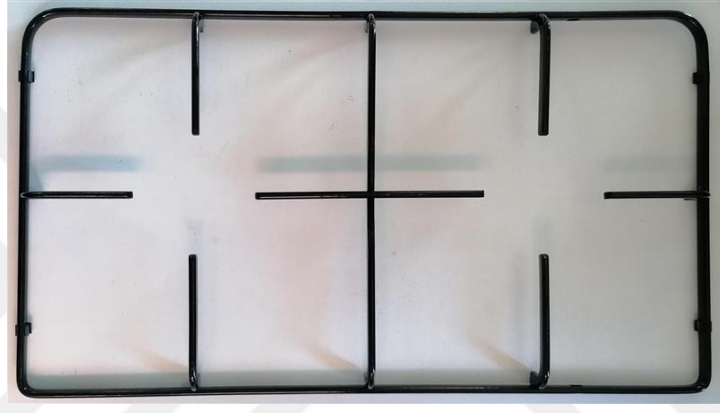
Gazlı pişiricilerde ızgara tasarım kriterleri üreticiler tarafından belirlenmektedir. Buradaki en önemli kriter yanıcıya olan mesafesi, yanıcı portlarından çıkan alevlerin ızgara taşıyıcı ayaklarına direkt temasının engellenmesi, üzerine konulacak kütleye göre esneklik oluşturmaması veya bu esnekliğin belirli toleranslar içersin de olması vb. tasarım kriterleri mevcuttur. Ocak ve fırınlarda kullanılan ızgaralar tekli veya multiple olabilir. Bu tercih tasarımcının kullanım şekline bağlıdır.

Gazlı pişirici cihazlarda ızgaralar hammaddesine göre ve tasarım şekline göre birçok modeli söz konusu olabilmektedir. Fakat sektörde tercih edilen 2 farklı hammadde mevcuttur. Bunlar;

- Lama Çelik
- Dökme Demir



Şekil 1.10. Dökme Demir Izgara Görseli



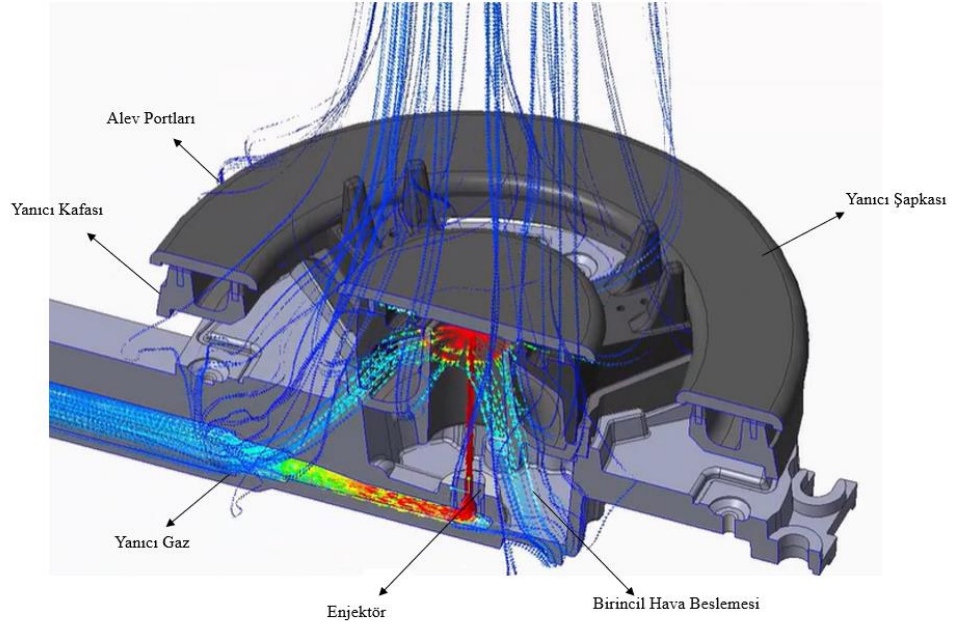
Şekil 1.11. Lama Çelik Izgara Görseli

Sektörde gazlı ocak ve fırın tasarımları dikkate alındığında 8 farklı yanıcıya kadar sahip farklı yanıcı güçlerinde ocak ve fırınlar tasarlanmaktadır. Bu tasarımlarda yanıcı gücüne (kW) ve yanıcı çapına bağlı olarak üst ızgaraların tasarımları farklılaşmaktadır. Bu farklılıklar standartların getirmiş olduğu zorunlulukları karşılamak amacıyla değişkenlik göstermektedir. Yanıcı tasarımına göre ızgara tasarımı yanma için gerekli stokiyometri oranı için oldukça önemlidir. Bu stokiyometri oranı yanma verimi ve yanma sonucu oluşan atık gazların oranı için oldukça önemlidir. En uygun Stokiyometri oranı Dünya’da en yaygın kullanılan gazlar için aşağıdaki gibidir.

%95Hava + %5 C₃H₈ (LPG için sitokiyometri oranı)

%91Hava + %9 CH₄ (NG için sitokiyometri oranı)

Bu sitokiyometri oranı yanıcı gazın uygun karışımda en verimli yanmasının sağlanması için gereklidir. Bu karışımın sağlanmasında ızgara tasarımının önemi oldukça fazladır. Izgara tasarımı yanma odasına havanın doğal akışına izin verecek şekilde tasarlanmalıdır. Hava akışının türbülanslı olduğu durumda uygun sitokiyometri oranı sağlamak oldukça zorlaşmaktadır. Aşağıda şekilde gazlı bir brülör için hava-gaz karışım metodolojisi gösterilmektedir.



Şekil 1.12. Premix Yanma Özelliğine Sahip Yanıcı Görseli

1.3 Izgara Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Gazlı pişirici cihazlarda kullanılan ızgaralar TSE, EN, CSA gibi standartların belirlemiş olduğu test maddelerini karşılayabilecek özellikte olmalıdır. Ayrıca üretim ve maliyet düşünüldüğünde üretilebilirlik, maliyet düşüklüğü ve dayanıklı olması ön koşul olarak belirlenmelidir. Bu alanda yapılan çalışmalara bakıldığında Cimini A. ve ark. yapmış olduğu çalışmalarda ızgara kütlelerinin ve tasarımının verim ve emisyonla olan etkisinin önemi vurgulanmıştır. (Cimini ve Moresi, 2017)

Gazlı pişirici ızgaraları seçiminde üretilebilirlik oldukça önemlidir. Seçilen malzemenin kaynak edilebilirliği, sünekliği ve kalıplanabilirliği önem arz etmektedir. Sıcaklık dayanımı, elastik modülü, ısı iletim katsayısı, kaplama yapılabilirliği ve darbe absorbe kabiliyeti dikkat edilmesi gereken diğer malzeme özellikleri arasında olmalıdır.

Durum bu şekilde iken sektörde ızgara hammaddesi olarak tercih edilen hammaddeler lama çelik ve dökme demir olarak belirlenmiştir. Fakat malzeme seçiminde kısıtlayıcı bir durum söz konusu değildir.

Çizelge 1.1. Deneylerde Test Edilen Izzaralar

Test Edilen Izzara No	Izzara İsimleri	Izzara Kütlesi
N.1	Dökme demirden imal edilmiş ızgara	5200 gr
N.2	Lama çelikten imal edilmiş ızgara	2150 gr

1.3.1 Lama Çelik Özellikleri

Demir (FE) içerisinde değişik oranlarda karbon (C) ve diğer bazı elementler ilavesi ile elde edilen alaşım çelik olarak adlandırılmaktadır. Çelik içerisindeki karbon miktarı çeliğin sınıflandırılmasını sağlamaktadır. Soğuk çekme karbon oranı düşük olan çeliklerde haddelenmiş çelik çubukların tekrar işleme alınıp çekilmesine denir. Bu şekilde soğuk olarak ürüne ise soğuk çekme çelik veya transmasyon çeliği adı verilir. Uygulamaya basit anlamda sıkıştırma da denebilir Gazlı pişirici cihazlarda kullanılan ızgara hammaddesi olarak tercih edilen çelik genellikle düşük karbonlu çeliklerdir. Lama olarak adlandırılmasının nedeni ise dikdörtgen yapıda olmasından kaynaklanmaktadır. Izzara hammaddesi lama çelikler soğuk çekme yöntemi ile elde edilmektedir. Soğuk çekme sayesinde yüksek hassasiyet, pürüzsüz yüzey, boyutsal kontrol edilebilirlik ve yüksek mukavemet açısından avantaj sağlamaktadır. Ayrıca ızgara yapımında kaynak edilebilirlik de oldukça önem taşımaktadır. Bu nedenle tercih edilen lama çelik malzemenin kaynak edilebilirlik özelliği de dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur.

Çizelge 1.2. Bazı Lama Çelik Alaşımları Özellikleri

Alaşımlar	S.Ç.S °C	T.i (W/m.K)	Yoğunluk (g/cm ³)	Sertlik (HB)	A.D (N/mm ²)	E.M (KN/mm ²)	I.G (J/kgK)
1.4571	450-500	15	8	215	200	200	500
1.4404	450-500	15	7,9	215	190	200	500
1.4307	450-500	15	7,9	205	175	200	500
1.4301	400-450	15	7,95	200	190	200	500
1.4541	450-500	15	7,9	223	230	196	500

1.3.2 Dökme Demir Malzeme

Dökme demirler; %4'e kadar karbon ve %3,5'a kadar silisyum içeren bir Fe-C-Si alaşımı olarak bilinir ve çok az süneklik gösterirler, dolayısı ile, şekillendirilemezler. Bununla beraber, kolayca ergitilebilir ve genellikle son boyutlarda imal edilen karmaşık şekillerde dökülebilirler. Bu alaşımlara uygulanan en iyi imalatın döküm olmasından dolayı dökme demirler olarak isimlendirilirler. Bilinen dökme demirler gevrek ve çeliklerden daha düşük mukavemet özellikleri göstermelerine rağmen, ucuzdurlar. Dökülebilirlikleri daha kolaydır. Bunların yansırı, uygun alaşımlandırma, iyi döküm kontrolü ve uygun ısıl işlemlerle herhangi bir çeşit dökme demirin özelliklerini çok geniş bir aralıkta değiştirmek mümkündür. Döküm endüstrisinin birçok özelliklerinden dolayı en büyük kapasite dökme demirlere aittir. Dökme demirler gerek döküm ve gerekse mamul parça özellikleri bakımından birçok üstünlüklere sahiptir.

Bunların Başlıcaları;

- Alçak ergime sıcaklığı (1150-1300°C)
- İyi Akışkanlık (ötektik Bileşimine yakınlık)
- Döküm ve kalıp şeklini alabilme kabiliyetinin üstünlüğü
- Ergitme ve döküm işlemlerinin ucuzluğu
- Kimyasal bileşim sınırlarının genişçe tutulabilmesi ve yakın özelliklerin elde edilebilmesi
- Çeşitli kısımlardan ibaret bir iş parçasının tek bir işlemde elde edilebilmesi
- Talaşlı imalat tekniğinde iyi işlenebilmesi
- Titreşim söndürme özelliğinin çok iyi olması
- Basma mukavemetinin yüksek olması
- Aşınma ve korozyona dayanıklılığı

Dökme demirlerin sınıflandırılmasında en başarılı yöntem dökme mikroyapısına göre yapılan sınıflandırmadır. Demir dökümlerde mikroyapı kontrol eden başlıca dört faktör bulunmaktadır.

Bunlar;

- Karbon içeriği
- Alaşım elementi veya emprüte miktarı
- Katılaşma veya katılaşma sonrası soğuma hızı
- Dökümden sonraki ısıl işlem kabiliyetidir.

Dökme demirler Beyaz dökme demir, Temperli dökme Demir, Gri dökme demir, Küresel grafitli dökme demir ve Silindirik grafitli dökme demir olarak 5 ayrı grupta incelenmektedir.

Çizelge 1.3. Dökme Demir Malzeme Kimyasal Yapısı

Dökme Demir	Alaşım Elementleri				
	% C	%Si	%Mn	%S	%P
Beyaz	1.8-3.6	0.5-1.9	0.25-0.8	0.06-0.2	0.06-0.2
Temper	2.2-2.9	0.9-1.9	0.15-1.2	0.02-0.2	0.02-0.2
Gri	2.5-4.0	1.0-3.0	0.2-1.0	0.02-0.25	0.02-1.0
Silindirik Grafitli	2.5-4.0	1.0-3.0	0.2-1.0	0.01-0.03	0.01-0.1
Küresel	3.0-4.0	1.8-2.8	0.1-1.0	0.01-0.03	0.01-0.1

1.3.3 Emaye Kaplama

Izgara hammaddesi lama çelik olduğunda korozyona karşı direncinin artırılması amacı ile emaya kaplama yapılmaktadır. Bu sayede üründe estetik bir görünüş sağlanırken, korozyon direnci artırılmaktadır. Döküm yöntemi ile üretilen ızgaralarda ise emaye kaplama tercih edilmemektedir. Emaye kaplamalı malzemelerde renk stabilitesi, korozyon direnci, temizlenme kolaylığı, yüksek sıcaklık dayanımı ve çizilmeye karşı dirençli oluşu gibi avantajlar sağlanmaktadır.

1.4 Lama Izgara Üretim Yöntemi

Lama ızgaralar sektörde genellikle 5x10 mm, 4x8 mm veya 5x13 mm ebatlarına sahip düşük karbonlu profil yapıya sahip çelik malzemelerden üretilmektedir. Üretim sırası ile aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

1.4.1 Boy Kesme;

Üretim yapılacak lama ızgara teknik resimdeki ölçüler dikkate alınarak hassas boy kesme işlemi yapılmaktadır. Bu boy kesme sırasında en önemli adım malzemenin bükme işlemine tabi olduğu yerlerde bükme açısına bağlı olarak bazı noktalarda uzama bazı noktalarda ise kısalmalar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle bu büküm sırasında teknik resimlerde K faktörü etkeni dikkate alınmalıdır. Bükme işlemi özel olarak üretilmiş bükme kalıplarında yapılmaktadır.

1.4.2 Kaynak Operasyonu;

Boy kesme ve bükme işlemi tamamlanan parçaların kaynak operasyonları robotlu kaynak makinelerinde yapılmaktadır. Her parça min. 25kVA gücüne sahip kaynak makinesinde puntalama işlemi ile kaynak yapılmaktadır. Bu kaynak yapma işlemi sırasında kaynak kalınlığı ve parçalar arası kaynak boşluk yapısı ızgaranın mukavemeti bakımından en kritik noktadır. Kaynak işleminden sonra doğal soğumaya bırakılarak gerilme kuvvetlerinin giderilme işlemi yapılmaktadır. Daha sonra emaye kaplama için özel solüsyonlarda temizleme işlemi yapılmaktadır.



Şekil 1.13 Tek Yanıcıya Uygun Lama Çelik Izgara Görseli

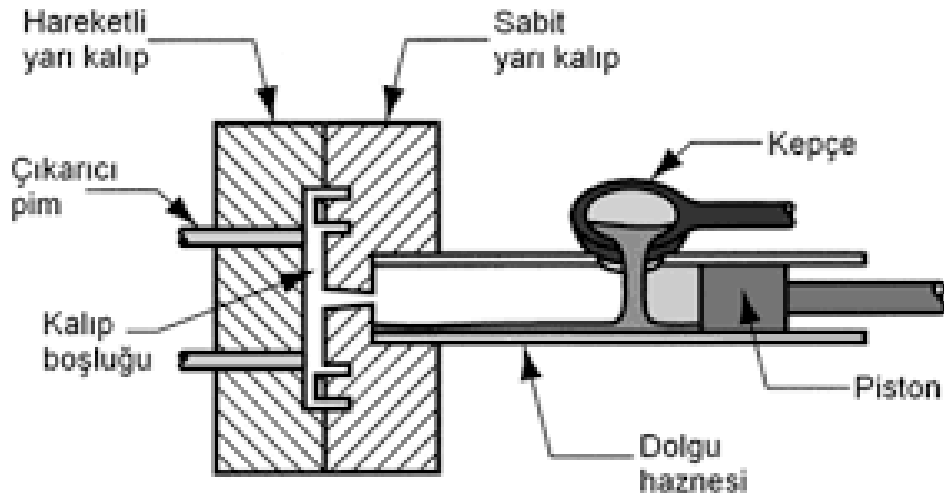
1.4.3 Emaye Kaplama;

Emaye kaplama özel emaya fırınlarında püskürtme işlemi ile yapılmaktadır. Özel solüsyon ile temizlenen ve yağından arındırılan ham ızgaralar askılama yöntemi ile askıya asılarak yaklaşık 850°C de emaye fırınından geçirilerek emaye kaplama işlemi yapılmaktadır. Emayenin yeterince pişmesi ve yüzeye yapışması için işlem sonrasında doğal olarak 2-3 saat soğumaya bırakılmaktadır. Emaye sonrasında ızgara parlak pürüzsüz bir yüzey görüntüsü kazanmaktadır.

1.5 Döküm Izgara Üretim Yöntemi

Döküm yöntemi yüzyıllardır metale şekil verme amacıyla kullanılan en yaygın şekillendirme yöntemidir. Dökme ile şekillendirme günümüz teknolojisinde dahi en çok tercih edilen şekillendirme yöntemidir. Bu yöntem ile işlemesi çok zor olan parçaların imal edilmesi oldukça kolay ve seri bir şekilde olmaktadır. Bu üretim evsel pişirici cihazlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların en önemli örneği gazlı ocak ve fırınlarda kullanılan ızgaraların üretimidir.

Döküm ızgara özel olarak hassas üretilmiş döküm kalıplarına sıcak dökme yöntemi ile üretilmektedir. 1100-1300°C de ergimiş döküm malzeme kalıp içerisine basınçlı döküm cihazları ile dökülerek kalıp şeklini alması sağlanır. Şekil alma işlemi tamamlandıktan sonra parça kalıptan çıkartılarak çapak alma işlemi yapılır. Keskin köşeler ve döküm sonrası oluşan kabarcıkların parça yüzeyinden alınması için özel cihazlarda kumlama işlemi yapılmaktadır. Kumlama işlemi tamamlanan parçalar yüzey temizleme işleminden sonra kullanıma hazır hale gelmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken konu çekme payıdır. Dökme demir soğuma işleminden sonra %1- 2,2 civarında çekmeye maruz kaldığı için kalıplama işlemi sırasında bu çekme payı göz önüne alınmalıdır.



Şekil 1.14. Döküm Yöntemi



Şekil 1.15 İkili Döküm Izgara Üst kalıp İç Yüzey Görselfi

İkili döküm ızgara üretimi sırasında aynı anda 2 veya 3 ızgara aynı anda üretilebilmektedir. Kalıp tasarımları bu ızgaraların aynı anda üretilebilmesine olanak sağlamaktadır. Alt ve üst kalıp olarak imal edilen kalıplama yöntemi ile üretim yapılabilmektedir.



Şekil 1.16. Tekli Döküm Izgara Üst Kalıp İç Yüzey Görselfi



Şekil 1.17. Tek Yanıcıya Uygun Dökme Demir ızgara Görseli

2. GAZLI OCAK VE FIRINLARDA EMİSYON

Hidrokarbonlu yakıtların kullanımının artması ile yanma sonucu ortaya çıkan atık gazların ortamdaki oranı insan sağlığı ve çevreye olan olumsuz etkisi ile araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Gazlı pişirici cihazların üretim yönetmeliğinin de bu atık gazların ortamdaki oranını için üst bir sınır değeri belirlemiştir. Bu sınırı aşan gazlı pişiriciler üretim onayı alamaz iken, kullanımını önerilmemektedir. Gazlı pişiricilerde EN30-1-1 standardında karbonmonoksit (CO) ve karbondioksit (CO₂) emisyon gazı olarak nitelendirilmiştir. Son yıllardaki araştırmalarda ise NO_x emisyon gazı olarak nitelendirilmiş olsa da henüz kapalı ortamlar ile ilgili standartlarda bir üst limit değeri belirlenmemiştir.

Çizelge 2.1. Atık Gazların Havadaki Konsantrasyonunun İnsan Sağlığına Etkisi

Konsantrasyon (%)	İzin Verilebilir Maruziyet Süresi
0.01	Birkaç saat maruz kalınabilir
0.04-0.06	Fark edilmeden 1 saat normal nefes alınabilir
0.06-0.07	1 saatten sonra farkedilebilir etki gösterir
0.07-0.12	1 saatten sonra tehlikeli olmayan etki gösterir
0.12-0.20	1 saat maruziyet tehlikelidir
0.20-0.40	1 saatten az maruziyet tehlikelidir
>0.40	1 saatten az süre ölüme yol açabilir

EN30-1-1:2021 standardında 6.3.2 maddesi tablo 7 de yanma sonucu ortaya çıkan kirletici gazların ortamdaki oranı 1000 ppm olarak sınırlandırılmıştır. 7.1 maddesinde test metodu açık bir şekilde anlatılmış ve kullanılacak ekipmanlar tariflenmiştir. Test metodu fırın ve ocaklar için farklılık göstermekte olup bu farklılıklar EN30-1-1 standardı 7.3.3.2.4 maddesinde tariflenmiştir.

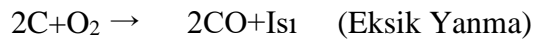
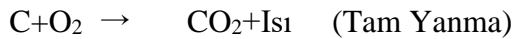
Çizelge 2.2. Gazlı Ocak Emisyon Testi Sınır Koşulları

Test No	Yanıcı Gücü (kW)	Gaz Basıncı (mbar)	Ortam Sıcaklığı (°C)	Su Miktarı (Kg)	Dış Basınç (mmHg)	Test Gazı
N 1.1.	1,75	20	24	2	760	G20 (NG)
N 1.2	2,90	20	24	2	760	G20 (NG)
N 1.3	4,50	20	24	3	760	G20 (NG)
N 2.1	1,75	20	24	2	760	G20 (NG)
N 2.2	2,90	20	24	2	760	G20 (NG)
N 2.3	4,50	20	24	3	760	G20 (NG)

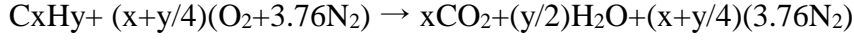
2.1 Yanma Reaksiyonu ve CO Oluşumu

Yanma kimyasal bir reaksiyon olup yakıtın yanabilen kısmının oksijen ile birleşmesi ile sonucu ısı açığa çıkaran kimyasal reaksiyon olarak adlandırılmaktadır. Bu reaksiyon sonucunda ısı yanı sıra atık gazlar da ortaya çıkmaktadır. Alpay çalışmasında bu kimyasal reaksiyonun gerçekleşmesi için yüksek miktarda enerji içeren yakıt, oksijen içeren hava ve tutuşma sıcaklığı oluşturacak bir ateşleyici gereksinimi olduğunu vurgulamıştır. (Amirabedin, Anık, & Karaduman, 2019)

Yanma reaksiyon denklemi basit olarak aşağıdaki gibidir.

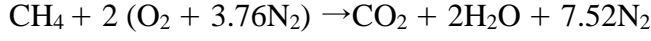


Eksik yanma reaksiyonunda insan sağlığı için zararlı CO ortaya çıktığı görülmektedir. Yanma olayı tümüyle göz önüne alındığında bütün yanmalarda eksik yanma mevcuttur. Yanma denklemimi Emre Uğurluoğlu yaptığı çalışmalarda aşağıdaki gibi anlatmaktadır.

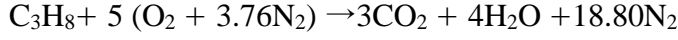


(Böke, Aydın ve Uğurluoğlu, 2016)

Metan Gazı İçin



Propan Gazı için



Yukarıda denklemlerden de görülebileceği üzere eksik yanma sonucunda CO emisyon gazı ortaya çıkmaktadır. CO oluşumu stokiyometrik altı yanmalarda ortaya çıkmaktadır. Yüksek sıcaklıktan oluşan CO, artan oksijen konsantrasyonu ile azalır. CO alevin yanma ortamındaki soğuk yüzeylere çarpması ve bunun sonucunda alevin yanma için geniş yüzeylere dağılması ile ihtiyacı olan oksijen atomuna ulaşamaması sonucunda kimyasal reaksiyon gerçekleştiremez ve CO₂ ye dönüşmeden CO olarak ortama salınır. Bu CO salınımı uygunsuz brülör yanması ve stokiyometri hatasından kaynaklandığı gibi uygunsuz ızgara tasarımından da kaynaklanabilmektedir. Alevin ızgaranın ayaklarına teması sonucu alev tam yanmayı gerçekleştiremeden reaksiyonu sonlandırır. Bu da CO emisyonuna neden olabilmektedir.

Yanma sonucunda CO oluşumunun başka bir nedeni ise yanıcı gaz ile hava karılma oranının yetersiz olması veya yanıcı gazın saflık oranının düşük olması kaynaklı CO oluşumuna neden olabilmektedir. Örneğin ülkemizde kullanılan gazın saflık oranı %96 civarında iken bu Hollanda ve Danimarka gibi kuzey ülkelerinde kullanılan gazın (G25-25 veya G26) saflık oranı %86 civarına kadar düşebilmektedir. Saflık gazın içerisindeki CH₄ seviyesi ile ölçülmektedir. Bu ülkelerde karışım gazında CO oluşumuna neden olabilecek şekilde farklı gazlar mevcuttur. Bu nedenle bu ülkelerde kullanılan gazlarda emisyon oranı diğer ülkelere göre daha fazla olmaktadır.

2.2 EN30-1-1:2021 Standardına Göre Ortam Emisyonu Hesaplama

Emisyon ölçümü ve hesaplanmasında limit değerler ve hesaplama yöntemi gazlı ocak ve fırınlarda alevi besleyen gaz musluğunun debi oranına bağlı olarak alevin boyu, gaz içeriği ve ölçüm yöntemine göre farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılıklar EN standardında açık olarak belirtilmektedir. EN standardı ortam havasında bulunan emisyon gazları oranını maksimum 1000ppm olarak belirlemiş ve ölçümünü aşağıdaki formül ile hesaplatmıştır.

(%ppm= $K \times CO / CO_2$ (Emisyon hesaplama denklemi) (British Standards Institution (BSI), 2021)

K: Gaz indeksi katsayısı

CO: Ortamdaki CO oranı (ug/cm^3)

CO₂: Ortamdaki CO₂ oranı (ug/cm^3)

Gaz İndeksi katsayıları;

CH₄: 1 C₃H₈: 14

2.2.1 Emisyon Ölçümü

Emisyon ölçümü gazlı ocaklarda ve fırınlarda EN30-1-1 standardının tarif etmiş olduğu şekilde ölçümü yapılmaktadır. Ölçüm minimum 25 m² alana sahip yeterince havalandırma boşluklu olan emisyon odasında yapılmaktadır. Emisyon ölçümü sırasında emisyon odasına 25L/sa. debi girişine izin verecek hava akış menfezlerinin olmasına dikkat edilmelidir. Emisyon ölçümü yapılmadan önce üründe 150mbar basınç altında sızdırmazlık testi yapılarak üründe herhangi bir gaz kaçağı olmadığına emin olduktan sonra test yapılacak yanıcı için uygun kap seçimi yapılır ve içerisine standardın belirlemiş olduğu miktarda su konulur

Çizelge 2.3. EN Standardında Yanıcı Gücüne Göre Test Koşulları

Bek Gücü (kW)	Tencere Çapı (mm)	Su Miktarı (gr)	Su Sıcaklığı (°C)	Gaz Tipi	Gaz Basıncı (mbar)	Ortam Basıncı (MmHg)	Süre Dk.
≤4.2	220	2000	25	NG	20	760	20
>4.2	300	3000	25	NG	20	760	20

Yanıccılar üzerine döküm veya lama malzemeden yapılmış ızgara yerleştirilir. Izgaraların ayaklarının yanıcılarda bulunan kör noktaları karşılayacak şekilde olması önemlidir. Aksi takdirde alevin ızgaraya teması sonrasında Emre Uğurlunun' çalışmasında bahsettiği alevin soğuk yüzeye teması sonrasında oluşan eksik yanma nedeni ile CO emisyonunun oranında artış meydana gelebilir.

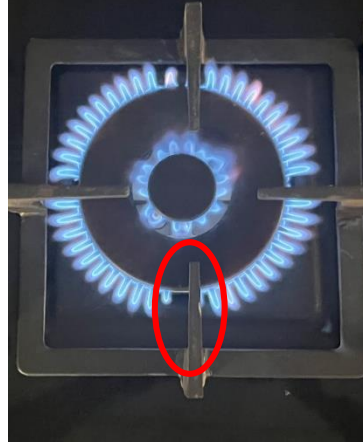


Şekil 2.1 5 Farklı Yanıcıya Sahip Lama Izgara Görseli



Şekil 2.2 5 Farklı Yanıcıya Sahip Döküm Izgara Görseli

Şekil 2.1. ve Şekil 2.2.' de gösterilen 5 yanıcıya sahip gazlı ocak 1 wok yanıcı (4,5kW), 1 adet 2.9 kW, 2 adet 1.75 kW ve 1 adet 1 kW güce sahip yanıcıdan oluşmaktadır. Emisyon ölçümü yapılırken Çizelge 2.3.'te belirtilen tencere çapı ve su miktarı kullanılarak emisyon yapılmıştır. Yanıcılara test yapılmadan önce kör nokta yanış testi yapılarak yanıcı üzerinde bulunan kör noktaların ızgara üzerindeki taşıyıcı ayakları karşılamasına dikkat edilmelidir.



Şekil 2.3. Yanıcı Üzerindeki Kör Nokta Görseli

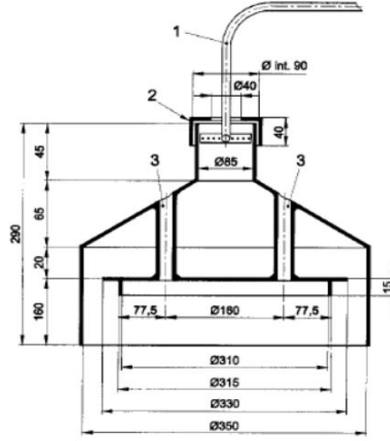
Kırmızı ile işaretli alan kör nokta olarak tabir edilen alandır. Yanıcı üzerinde 4 farklı noktada kör nokta (alevsiz) mevcuttur ve bu kör noktaların ızgara taşıyıcı ayaklarını karşılaması emisyonun oranının düşük olmasını sağlamaktadır.

2.2.1.1 Kullanılan Test Ekipmanları

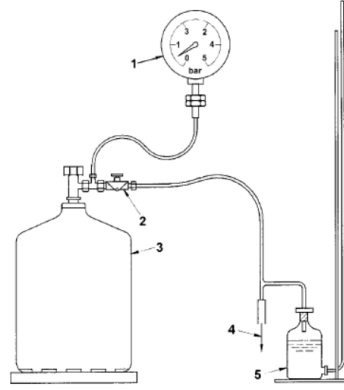
Emisyon ölçümü için yanma sonucu yanma ortamından alınan gaz numunesini analiz ederek ayırt edebilecek ve emisyon gazlarının oranını gösterebilecek özel bir cihaza ihtiyaç vardır. Çalışmamızda bu cihaz şekil 2.4.'te belirtilen ve CO ve CO₂ atık gazlarının analizini yaparak kapalı ortamdaki oranını ppm cinsinden veren Siemens markalı cihazdır. Cihaz yanma sonucu ortamdan alınan hava numunesi içerisinde gaz analizi yaparak ortamdaki CO ve CO₂ oranını ekranında ppm cinsinden göstermektedir. Hesaplama için standardın belirtmiş olduğu yanma sırasında sonen yüksek CO ve en düşük CO₂ oranı dikkate alınır



Şekil 2.4. Siemens Marka Emisyon Ölçüm Cihazı



Şekil 2.5. Emisyon Ölçüm Tenceresinin Standarda Uygun Özel Kapağı



Şekil 2.6. Basınç Ölçüm Manometresi

2.2.1.2 Testin Yapılışı ve Değerlendirme

Emisyon ölçüm testi EN30-1-1 standardının belirtmiş olduğu test yönteminde Şekil 2.1. ve Şekil 2.2.'de gösterilen gazlı yanıcı üzerine lama ve döküm ızgara doğru pozisyonda eklenerek ölçüm odasına alınmıştır. Çizelge 2.3.'te belirtilen su miktarı uygun tencere boyutuna konularak ızgara üzerine yerleştirilir. Şekil 2.5.'de gösterilen test kapağı tencere üzerine yerleştirilerek emisyon cihazına toplanan yanma numunelerinin aktarılması için kapak ile cihaz silikon hortum ile birbirine bağlanır.

Uygun basınçta yanıcı ateşleme yapılarak test başlatılır. Test başladıktan sonra emisyon odası kapısı kapatılarak test süresi boyunca bu haliyle yanıcı yanmaya devam eder. Test süresi boyunca okunan en yüksek CO ve CO₂ değeri kaydedilerek emisyon hesaplama denkleminde belirtilen formül ile ortamdaki total emisyon hesabı yapılır. Yanma sonrasında ortaya çıkan atık

gazlar tencere ile kapak arasındaki boşluktan silikon hortum yardımı ile emisyon cihazına iletilerek ortamdaki emisyon gazlarının oranı belirlenir.



Şekil 2.7. Emisyon Ölçüm Tenceresi ve Kapak Yerleşim Görşeli

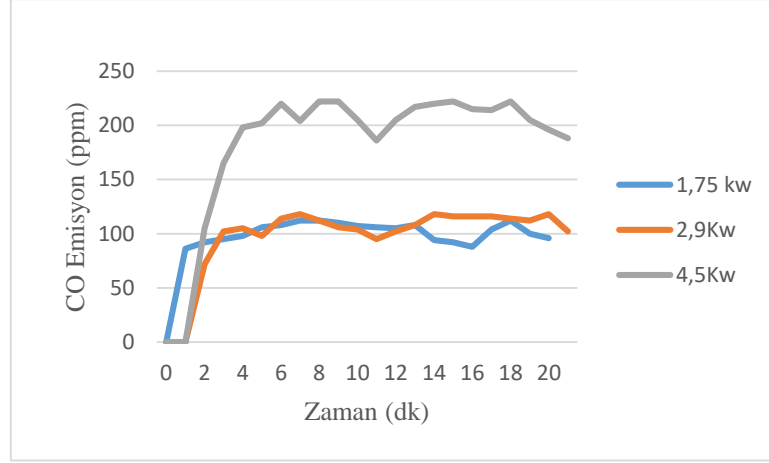
Çizelge 2.4. Döküm ve Lama Izgara ile Yapılan Emisyon Ölçüm Sonuçları

Test No	CO (ppm)	CO ₂ (pmm)	Çarpım İndeksi	Emisyon Oranı (ppm)
N 1.1.1	84	3,56	11,70	276
N 1.1.2	92	3,62	11,70	297
N 1.1.3	156	4,23	11,70	431
N 2.1.1	112	3,76	11,70	349
N 2.1.2	118	3,21	11,70	430
N 2.1.3	222	4,12	11,70	630

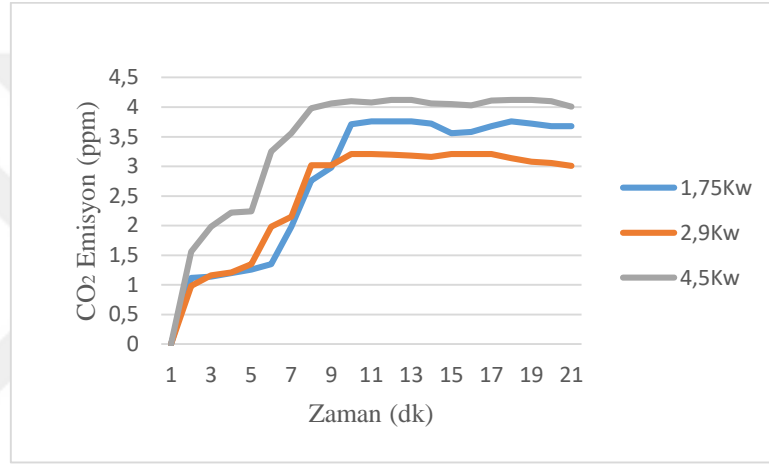
Emisyon testi 5 yanıcıya sahip gazlı ocakta yapılmış olup yukarıdaki tabloda test sonuçları paylaşılmıştır. Test tekrarı 3 farklı yanıcı gücünde yapılmış olup CO ve CO₂ değerleri en yüksek olduğu noktalar alınmıştır. Test gaz musluğunun yanıcıya maksimum debi sağlayacağı pozisyonda yapılmıştır.

Not: N x x x

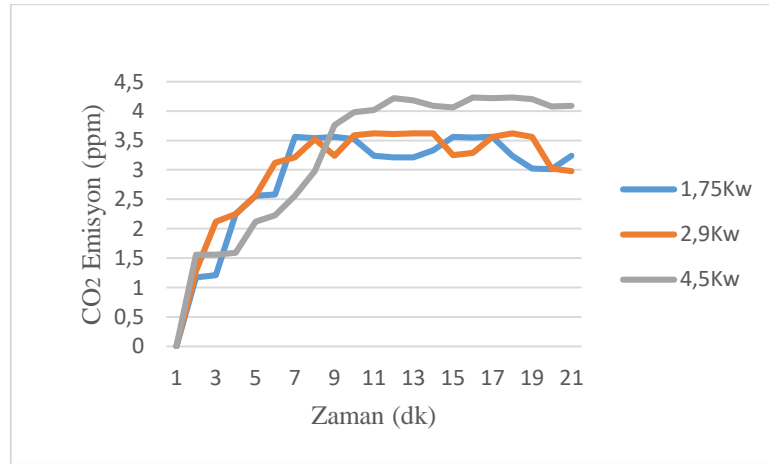
- Test Edilen Yanıcı Gücü (Sırası ile 1,75kW,2,9kW,4,5kW)
- Test Türü (Sırası ile 1: Emisyon Testi 2: Yanma Verimi Testi)
- Izgara Hammaddesi (1: Döküm Malz. 2: Lama Çelik Malz.)



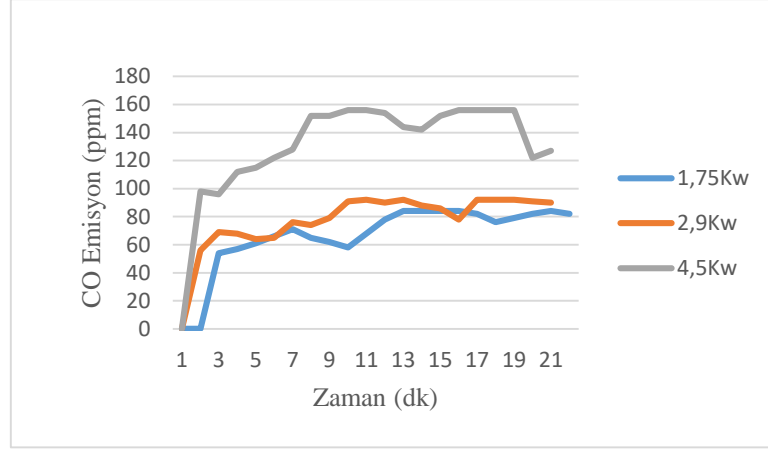
Şekil 2.8. Lama Izgara CO/Zaman Değişimi Grafiği Görseli



Şekil 2.9. Lama Izgara CO₂/Zaman Değişimi Grafiği Görseli

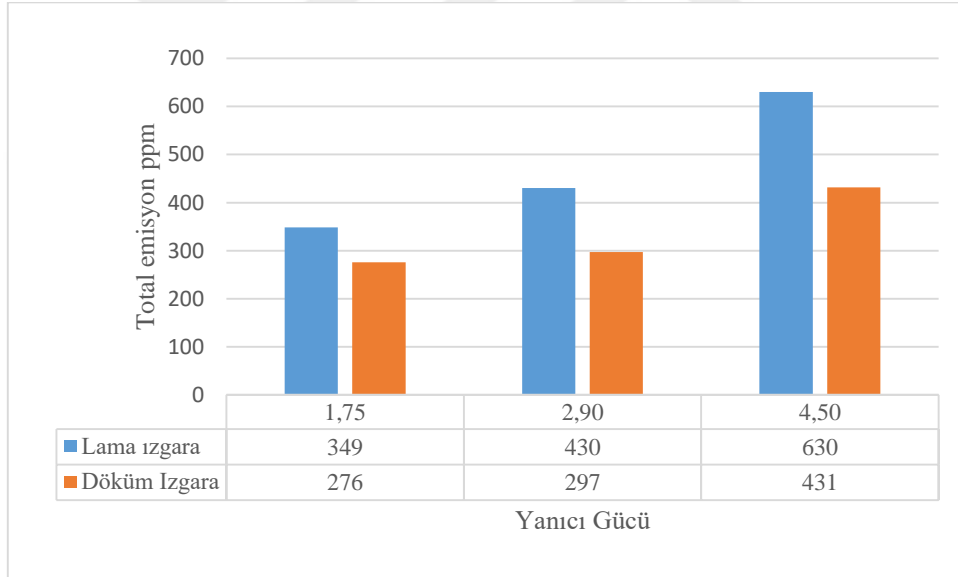


Şekil 2.10. Döküm Izgara CO₂/Zaman Değişimi Grafiği Görseli



Şekil 2.11. Döküm Izgara CO/Zaman Değişimi Grafiği Görseli

CO/Zaman ve CO₂/Zaman değişim grafiğine bakıldığında yanma stabil oldukça ortamdaki CO ve CO₂ atık gazları oranı sabitlenmeye başlamaktadır. Yanmanın ilk zamanlarında hızlı bir artış eğiliminde olan atık gaz oranı zamanla sabit bir oranda ilerlemektedir.

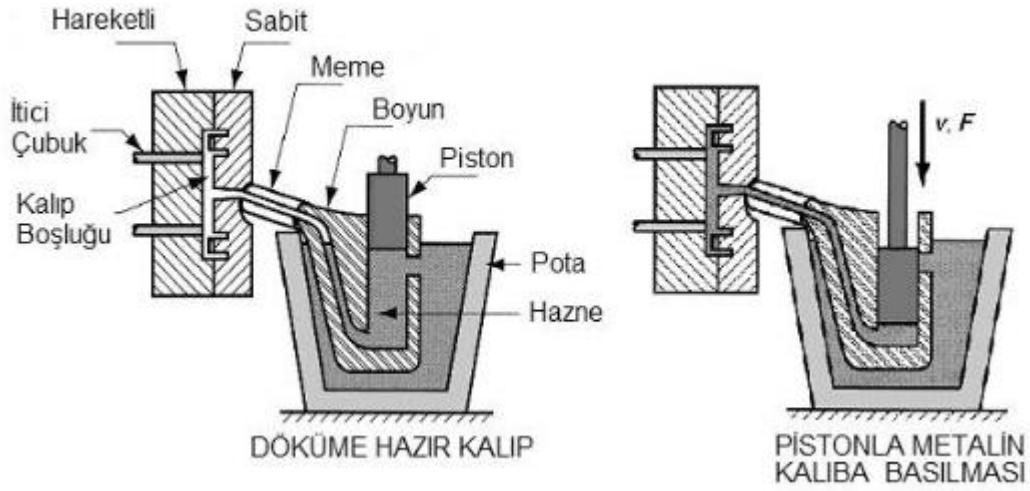


Şekil 2.12. Total Emisyon Ölçüm Sonuçları

2.2.1.3 İzgara Hammaddesi Emisyon Üzerine Etkisi

Pişirici gazlı cihazlarda yanma sonucunda emisyon gazı oluşumuna çevresel etkilerin yanı sıra tasarımsal etmenlerde neden olduğu bilinmektedir. Bunun yanı sıra ızgara imalatında kullanılan hammadde emisyon oluşumuna etki edebilmektedir. Malzemenin moleküler yapısı, ısı ile olan etkileşimi, ısıya karşı direnci, üzerinde uygulanan kaplamanın ısı karşısında kimyasal reaksiyonu, taşıyıcı ayakların alev ile teması sonrasındaki tepkisi, malzemenin boşluklu yapısı gibi etmenler emisyon gazlarının oluşumuna katkı sağlayabilmektedir. Yapılan testler sonucunda dökme demir ile yapılan ızgara emisyon testlerinde 1,75 kW, 2,9 kW ve 4,5 kW yanıcıları için emisyon değerleri lama çelikten üretilen ızgaraya oranla yaklaşık %18-20 daha az emisyon gazı oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu testler aynı ortamda ve aynı yanıcı kullanılarak sadece farklı hammaddeden imal edilen ızgaralar ile tekrarlandığında ızgara hammaddesinin emisyon gazı oluşumuna direkt olarak etki ettiği sonucuna varılmıştır. İzgara hammaddesi moleküler yapısını çalışmasında inceleyen Taşkan A. döküm malzeme moleküler yapısındaki boşlukların malzemenin ısı iletimine katkı sağladığını söylemiştir. (Bartın Üniversitesi, 2019) Buradan yola çıkarak döküm malzemedeki hava boşluklarının yanma sırasında stokiyometri oranını olumlu yönde etkileyip eksik yanmış yanıcı oranını düşürdüğu ve yanma sonrasında oluşan emisyon gazlarının oranının düşük olmasına katkı sağlamıştır.

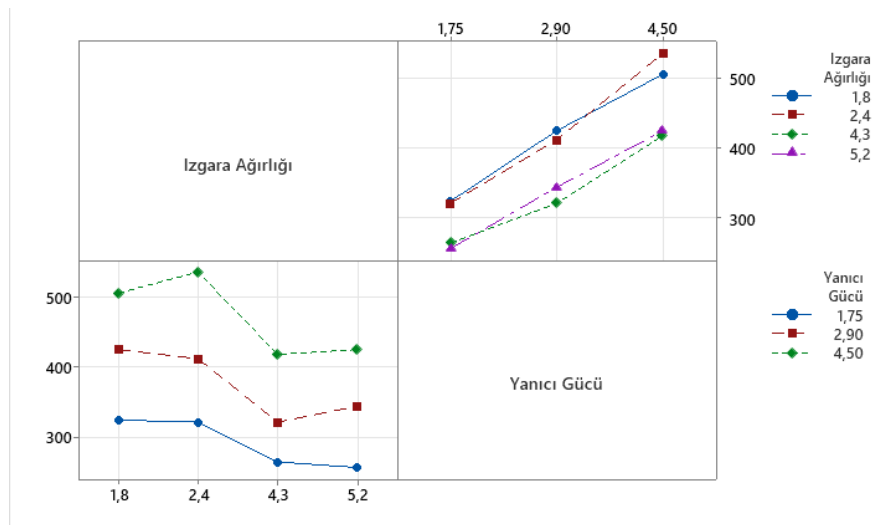
Aynı yanıcı güçlerinde farklı ızgara malzemeler ile yapılan emisyon testlerinde bütün yanıcılar için döküm malzeme ile yapılan ızgara emisyon değerleri lama malzemedeki yapılan ızgara emisyon değerlerine göre daha düşük çıkmaktadır. Bu iki test sonucunda emisyon değerini ızgara tasarımı etkilediği gibi ızgara hammaddesinin de etkileyebildiği sonucuna ulaşılmaktadır. Şekil 2.10.'da ve Şekil 2.11.'de görüldüğu üzere döküm malzemedeki imal edilen ızgara ile yapılan testlerde CO oranı lama ızgara ile yapılan testlere göre nispeten daha azdır. Eksik yanma sonucunda CO oranı daha fazla olmaktadır. Lama ızgaranın malzeme yapısının yanma esnasında stokiyometri oranına olumlu katkısının daha az olduğu söylenebilir.



Şekil 2.13. Döküm Yöntem Şeması Görseli

Şekil 2.13.'de yüksek basınçta döküm metodolojisi görseli mevcuttur. Ergimiş demir malzeme yüksek basınçta kalıba doldurulup soğutulma yöntemi ile döküm ızgaralar üretilebilmektedir. Bu üretim sırasında hava boşlukları oluşabilmektedir. Bu boşluk ızgarada emisyonu olumlu olarak etkilemektedir.

Lama hammadde sıcak ve soğuk haddeleme yöntemi ile üretildiği için stokiometri oranına katkı sağlayabilecek hava boşlukları dökme malzemeye göre nispeten daha azdır. Ayrıca lama malzeme ızgara yüzeyinde emaye kaplama olması alevin bu yüzeyle temasında alev sıcaklığı daha fazla düştüğü için eksik yanma olayı daha fazla gerçekleşmektedir.



Şekil 2.14. Emisyon ve Emisyona Etki eden Parametreler Etkileşim Grafiği

3. GAZLI OCAK VE FIRINLARDA VERİM

Verim kısa tabiri ile elde edilen sonuçların, sonuçlara ulaşılan kadar harcananlara (zaman, güç vb.) oranı olarak anlatılabilir. Fizikte verim ise üretilen işin kullanılan enerjiye oranı olarak tanımlanmaktadır. İnsanoğlu varlığının ilk gününden günümüze kadar yaptığı işlerde verimli olmayı, verimi arttırmayı amaçlamıştır. Bu sayede harcanan enerjiye karşılık elde edilen sonuç hem tatminkâr olur hem de daha iyi sonuç elde edebiliriz.

Günümüz teknolojisinde mühendislik çalışmalarının birçoğu verimliliği arttırmak üzerinedir. Girdilerin sabit kalıp çıktılarının artırılması iş gücü açısından ve iş çıktısı açısından kazanımı daha fazla olacaktır. Hidrokarbonlu yakıtların kullanılması ve kullanımı sonrasında elde edilen çıktılarının artırılabilmesi verimlilik çalışmaları ile sağlanmaktadır. Günümüzde hidrokarbonlu yakıtların yanması sonucu elde edilen verimlilik ortalama %46 seviyesindedir. Yani harcadığımızın %46'lık bir kısmının verimli bir şekilde sonucunu alabiliyoruz. Diğer kalan %54'lük bir kısım ise kayıp enerji olarak kaydedilmektedir.

Gazlı pişirici cihazlarda yanıcı verimliliği en öncelikli konu olarak ön plana çıkmaktadır. Yanıcının verimliliğini arttırmak amacıyla yanıcı tasarım çalışmaları yapılırken aynı zamanda yanışa destek veren diğer komponentlerinde verimliliğe etkisi bilindiği için bu alanda tasarım çalışmaları yapılmaktadır. Izgara tasarımı verimlilik artasına direkt olarak katkısı olan aksesuarların başında gelmektedir.

Bir yanmanın verimli olabilmesi için aşağıdaki şartların oluşması gerekmektedir:

- Uygun stokiyometrik oranda hava-gaz karışımı
- Seconder (ikincil) hava beslemesinin yeterli olması
- Gazın saflık yüzdesi
- Gaz 1S1S1
- Pişirici cihazlar için yanıcı ile pişirici kap arası mesafe
- Atık ısı ile ısıtılan aksesuarların kütlesi (tencere, ızgara vs. kütlesi)
- Ortam 1S1S1
- Yanıcı brülör yanma kalitesi (Gazlı pişiriciler için alev port yapısı)
- Gaz Basıncı

Gazlı pişiricilerde ızgara tasarımı yukarıdaki maddelerden sitokiyometri oranını, sekonder hava beslemesini, yanıcı ile pişirici kap arası mesafeyi aksesuar kütlelerini etkileyebilmektedir. Izgara malzemesi ise sekonder hava beslemesini ve aksesuar kütlelerini etkilemektedir. Bu nedenle ızgara tasarımı yapılırken imal edilecek hammadde oldukça önemlidir.

Gazlı pişiriciler standardında yanıcılar için minimum verimlilik alt sınırı belirlenmiştir. Bu sınır EN standardında %52 iken SASO ve GSO gibi standartlarda %58'dir. CSA standardında ise verimlilik için bir alt limit henüz belirlenmemiştir. Dünyada gazlı pişiricilerin oranı %42 civarında olduğu düşünüldüğünde verimliliğin %2-3 oranında artırılması yıllık gaz tüketiminde önemli derece de bir azalma sağlayacaktır. Yanma verimliliğinin artması aynı zamanda doğaya salınan yanmamış gaz miktarını düşürürken CO ve CO₂ emisyon oranında da düşüş sağlayacaktır.

Çizelge 3.1. Yanma Verimi Test Koşulları

Test No	Yanıcı Gücü (kW)	Tencere Çapı (cm)	Ortam sıcaklığı °C	Su Miktarı (Kg)	Dış Basınç (mmHg)	Test Gazı
N 1.2.1.	1,75	22	24	2	760	G20 (NG)
N 1.2.2	2,90	22	24	3,5	760	G20 (NG)
N 1.2.3	4,50	30	24	6,5	760	G20 (NG)
N 2.2.1	1,75	22	24	2	760	G20 (NG)
N2. 2.2	2,90	22	24	3,5	760	G20 (NG)
N2. 2.3	4,50	30	24	6,5	760	G20 (NG)

3.1 Izgaraların Yanma Verimine Etkisi

Yanma denklemi incelendiğinde yanma reaksiyonu sonucu bazı atık gazlar oluşurken aynı zamanda ısı enerjisi ortaya çıkmaktadır. (Yanma denklemi sayfa 27). Çıkan ısı enerjisi kullanılan gazın kalorifik değerine bağlı olarak değişmektedir. Verimlilik konusu ise çıkan ısının ne kadarlık bir kısmını faydalı iş için veya amaca uygun iş için harcadığı ile alakalıdır. Örneğin gazlı pişirici cihazların kullanım amacı pişirme yapılacak tencere veya pişirme malzemesine ısının aktarılmasıdır. Yanma sonucu ortaya çıkan ısıdan ne kadar fazlası bu amaca uygun kullanılırsa verimlilik o derece artacaktır ve atık ısı oranı düşecektir.



Şekil 3.1. Uygun Olmayan Alev ve Tencere Kullanım Görseli

Yukarıdaki görselde pişirme simüle edilmektedir. Burada alevlerin tencerenin dışına çıkmış olması verimliliği azaltıcı etkisi olduğu bilinmektedir. Ortamdaki hava yanma sonucunda ortaya çıkan ısıyı amacına uygun olmayacak şekilde tencerenin üzerine değil ortamı ısıtmak için taşıyacaktır. Burada yanıcı için uygun ızgara tasarımı olmadığı açıktır.



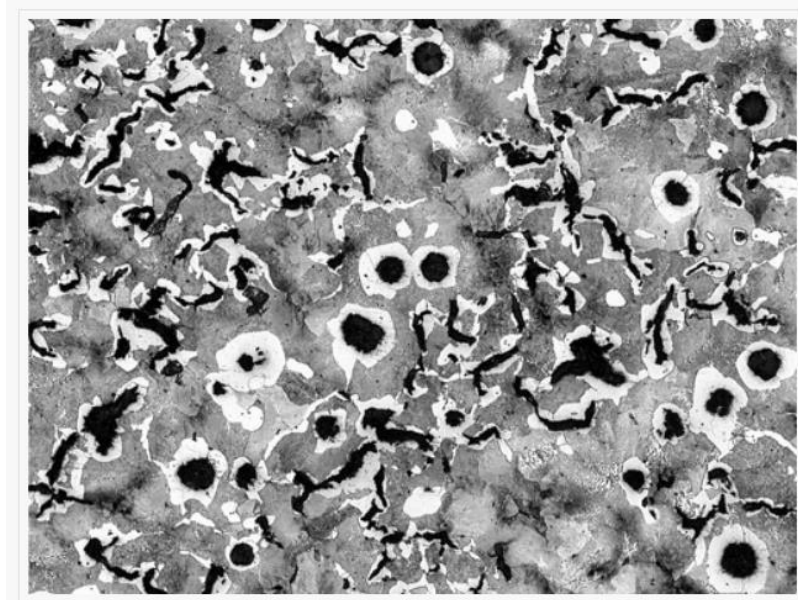
Şekil 3.2. Uygun Alev ve Tencere Kullanım Görseli

Şekil3.2.'de görselde alevler tencerenin altında toplanmış. Ortamdaki havanın yanma sonucu ortaya çıkan ısıyı ortam havasını ısıtmak için harcadığı oran daha düşük olacaktır. Bu görseldeki yanıcının yanma verimliliği daha yüksek olacaktır. Buradaki ızgaranın tasarım önemi alevleri tencerenin altında toplayabilmesi ve tencere ile alevler arasındaki mesafenin optimum olmasıdır.

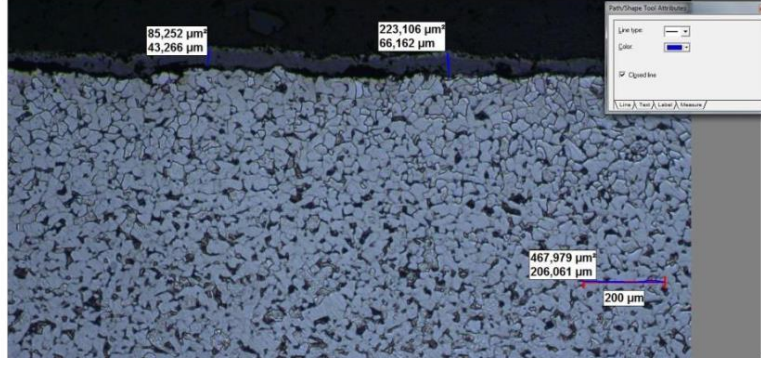
3.2 Izgara Ağırlığının ve Izgara Hammaddesinin Yanma Verimine Etkisi

Yanma sonucunda ortaya çıkan ısının bir kısmı atık ısı olarak adlandırılır. Bu atık ısı içerisinde havaya karışan ısı ve ocak ve fırın komponentlerini ısıtmak için kullanılan ısı da yer almaktadır. Pişirmedeki ilk amaç pişirici kaba ısıyı aktarmaktır. Bunun dışındakilere aktarılan ısı atık ısı olarak değerlendirilir. Kullanılan ızgaranın ağırlığı ne kadar fazla olursa ısınması gereken alan ve kütle daha fazla olacağından yanma sonucu ortaya çıkan ısının bir kısmı bu kütleyle ısıtmak için kullanılacaktır. Bu atık ısı oranının artmasına, yanma sonucu ortaya çıkan ısının verimli kullanılma oranının da düşmesine neden olacaktır.

Bunun yanında ızgara hammaddesinin ısı iletim katsayısı, ısı absorbe etme yeteneği ve moleküler arası boşluk yapısı da atık ısı oranının artmasına neden olabilmektedir. Moleküller arası boşluk ısı taşınımını arttıracığı için atık ısı oranı artmaktadır. Izgara hammaddesinin lama ve döküm malzemeden imal edildiği düşünüldüğünde dökme demirin imal usul yöntemi göz önüne alındığında moleküller arası boşluk yapısı daha fazladır. Lama çelik soğuk haddeleme ile imal edildiğinden dolayı moleküler yapısı dökme demire göre oldukça karardır. Aşağıda dökme demir ve lama çelik malzemelerin moleküler yapısı gösterilmiştir. (Bartın Üniversitesi, 2019)



Şekil 3.3. Dökme Demir Mikro Yapısı Görseli



Şekil 3.4. Lama Çelik Mikro Yapısı Görself

Dökme demir ile imal edilen ızgaralarda moleküler boşluklardan ortama salınan ve taşınan ısı miktarı daha fazla olacaktır. Aynı zamanda dökme demir ile üretilen ızgaranın yeteri mukavemet sağlaması için kullanılacak malzeme miktarı daha fazla olacağından ağırlığı da lama malzemedен üretilen ızgaraya göre daha fazladır.

3.3 Yanma Verimi Ölçümü Sırasında Kullanılan Ekipmanlar

Yanma verimi EN30-1-1 standardı madde 4.1.1'e göre yanıcı gücü ve gaz özellikleri dikkate alınarak yapılmaktadır. Yanma verimi ölçümü yapılabilmesi için ilgili laboratuvarда aşağıdaki ekipmanların hazır olması gerekmektedir.

3.3.1 Gaz Tüketimi Ölçüm Cihazı

Yanma veriminin ölçülebilmesi için ölçüm sırasında yanma reaksiyonu gerçekleşirken ne kadar yanıcı gaz tüketildiği hassas bir şekilde bilinmelidir. Bu nedenle yanma verimi yapılırken Şekil 3.5.'de gösterilen hassas debi ölçme cihazı kullanılmaktadır.



Şekil 3.5. Gaz Debisi Ölçüm Cihazı (Amerikan Test Metre)

3.3.2 Dijital Hassas Termometre

Yanma verimi hesaplamada sırasında su sıcaklığındaki değişimin hassas bir şekilde ölçümü oldukça önemlidir. Bu nedenle verim ölçümü sırasında tencere içerisindeki belirli bir seviyedeki suyun merkez ölçüm sıcaklığının hassas bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Ölçüm için Şekil 3.6.'da gösterilen tencere içerisindeki suyun merkez noktasına Şekil 3.7.'de gösterilen termometrenin uç noktası gelecek şekilde yerleştirme yapılır. Termometrenin hareket etmemesi için 2 adet mantar dayama ile merkez noktası sabitlenir. Bu şekilde ısınmaya bırakılan suyun sıcaklığı hassas bir şekilde ölçülmektedir.



Şekil 3.6 Yanma Verimi Ölçümü Tenceresi ve Manometre Yerleşimi Görseli



Şekil 3.7 Yanma Verimi Ölçümünde Kullanılan Özel Dijital Termometre

Tencere içerisine yanıcı gücü dikkate alınarak tencere darası düşülerek standardın belirttiği oranda su eklenir ve hassas terazide tartılır. Hassas terazide tartım işleminden sonra su sıcaklığının 20 ± 1 derecede olmasına dikkat edilir. Eklenen su sıcaklığı hassas termometre ile ölçüm sonucunda bu değer içerisinde değilse bu değerler içerisine gelene kadar soğuk veya sıcak su eklemesi yapılır.

3.3.3 Basınç Ölçüm Manometresi

Yanma reaksiyonu sırasında gaz basıncının sabit olması testin doğruluğu açısından önemli bir kriterdir. Gazlı pişirici cihazlarda gaz akışı basınç farkı ile olmaktadır. Yüksek basınçtaki gaz tüpünden düşük basınçtaki ortama gaz akışı gerçekleşmektedir. Bu gaz basıncını bazı ülkelerde regülatör yardımı ile sağlanırken bazı ülkelerde de gaz dağıtım hatlarında uygun basınçta kullanıcılara gaz sağlanmaktadır. Gaz basıncı uygun olmadığı durumlarda alev boylarında uygunsuzluk, sarı uçlu yanma gibi uygunsuz yanma reaksiyonları gerçekleşmektedir.

Verim testi sırasında NG gazda 20 mbar LPG gazda 30 mbar basınç altında test yapılmalıdır. Bu test basıncının sabit kalması manometre yardımı ile sağlanmaktadır. Bu sayede yanıcıdan çıkan alevlerin boylarının stabil kalması sağlanırken, yüksek veya düşük basınçtan kaynaklı hatalar önlenmektedir.



Şekil 3.8 Basınç Ayar Manometresi

Gaz metreden geçen gaz yanıcılara ulaşmadan önce manometreden geçerek uygun basınçta akması sağlanmaktadır. (da kırmızı işaretli cihaz manometre)

3.4 Yanma Verimi Ölçümü

Gazlı pişirici cihazlarda verim testine başlamadan önce Çizelge 3.2.'de belirtilen tencere çaplarına uygun su eklenerek su sıcaklığının 20 ± 1 dereceye gelmesi sağlanır. Verim yapılacak yanıcı üzerine uygun ızgara yerleştirilerek yanıcı ateşleme yapılır. Verim tenceresi yanıcı üzerine koyulmadan 10 dakika boyunca ön ısıtma yapılarak yanıcının ısınması sağlanır. 10 dk sonra verim tenceresi ocak üzerine koyulur ve tencere koyulmadan önce gaz basıncı uygun değere getirilir. Aynı zamanda amerikan test metre üzerindeki debi başlangıç değeri ölçülür ve not edilir. Verim tenceresi ızgara üzerine yerleştirildikten sonra yanıcıya gaz geçişi sağlayan gaz musluğunun pozisyonunun değişmemesine dikkat edilir. Burada gaz musluğu maksimum debiyi sağlayacak konumda olmalıdır. 20°C de başlayan su sıcaklığı 90°C e ulaşana kadar yanma olayı devam eder. Su sıcaklığı 90°C ye ulaştığında gaz musluğu kapatılır ve ortamdaki ısı ile suyun kaç derece daha ısındığı not edilir.(BSI 2021) Buradaki amaç son yanma sırasındaki ortaya çıkan ısının su sıcaklığını ne kadar değiştiğini kontrol edilmesidir. Test sonlandığında aşağıdaki değerler elde edilmelidir.

G1: Verim tenceresi Koyulmadan Önceki Gaz Tüketimi

G2: Test Süresi Sonrasında Gaz Tüketim Değeri

T1: Suyun İlk Sıcaklığı

T2: Suyun Son Sıcaklığı

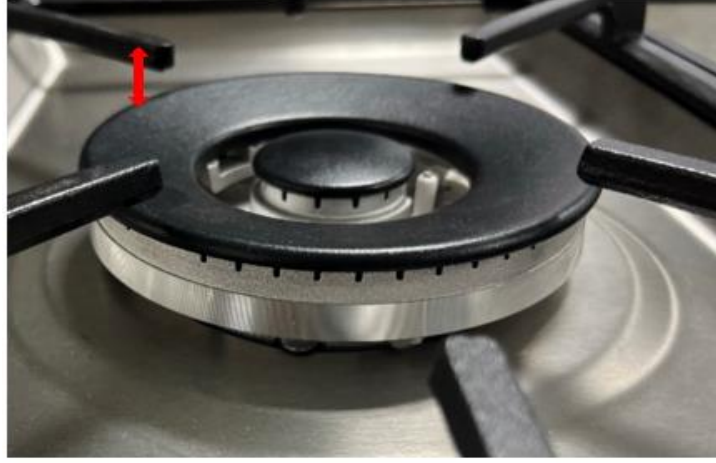
M1: Izgara ile Yanıcı Arasındaki Mesafe

P: Gaz Basıncı

Po: Ortam Hava Basıncı

$G_{\text{Tüketilen}} = (G2 - G1)$ (suyun 20°C den 90°C ye gelene kadar tüketilen gaz miktarı)

$T_{\text{Değişim}} = (T2 - T1)$ (Suyun sıcaklık değişimi)



Şekil 3.9. Döküm Izgara Üst Noktası/Alev Portları Mesafesi Görseli



Şekil 3.10. Lama Izgara Üst Noktası/Alev Portları Mesafesi Görseli

Izgara ile alev arası mesafe gazlı pişirici cihazların verim testlerinde dikkat edilmesi gereken en önemli kriterlerden bir tanesidir. Yanma sonucu ortaya çıkan ısının pişirme kabına mümkün olan en yüksek seviyede aktarılabilmesi bu mesafe ile ters orantılı olarak gerçekleşmektedir.

Çizelge 3.2. Lama ve Döküm Izgara Yanma Verimi Ölçüm Sonucu Gaz Tüketimi

Yanıcı Gücü	Izgara Tipi	Tencere Çapı	Izgara Yüksekliği	Delta T	Tüketilen Gaz	Gaz Tipi
1.75 kW	N2	22 cm	35,5 mm	70,45°C	27.54 Lt	NG
2.9 kW	N2	22 cm	35.5 mm	70,30°C	39.24 Lt	NG
4.5 kW	N2	30 cm	35.5 mm	70,36°C	59.27Lt	NG
1.75 kW	N1	22 cm	35,5 mm	70,5°C	28.04 Lt	NG
2.9 kW	N1	22 cm	35.5 mm	70,4°C	40.64 Lt	NG
4.5 kW	N1	30 cm	35.5 mm	70,6°C	61,05Lt	NG

Yanma verim Hesaplaması yapılırken EN30-1-1 standardının verim hesaplama denklemi kullanılmıştır. Hesaplama tablosu Şekil3.10.'da gösterilmektedir. Testten elde edilen sonuçlar verim hesaplama tablosuna girildiğinde elde edilen yanma verimi değerleri lama ızgara için Çizelge3.3.'de ve döküm ızgara için Çizelge 3.4.'te gösterilmiştir.

Hangi Gazmetre	Test gaz ismi	İstenen güç (Watt)	İstenen güç (Watt)	İstenen güç (Watt)
Zeal 5lt (100002685)	G30	2,0	2,9	4,0
Heat input kW	Bek Gücü kW	2,0	2,9	2,9
Pan Ø(cm)	Tencere çapı (cm)			
Water mass M1(kg)	Suyun ağırlığı M1(kg)			
Pan mass(including pan cover) m (kg)	Tencerenin ağırlığı(kapak dahil) m (kg)			
Equivalent mass M (kg)	Eşdeğer ağırlık M (kg)			
Initial water temp t1 (°C)	Su sıcaklığı t1 (°C)			
Final water temp t2 (°C)	Su sıcaklığı t2 (°C)			
Initial gasmeter value g1 (t)	Gazmetre ilk değeri g1 (t)			
Final gasmeter value g2(t)	Gazmetre son değeri g2 (t)			
Consumed gas volume V=(g2-g1) (m3)	Kullanılan gazın hacmi V=(g2-g1) (m3)			
Calorific value of gas H (MJ/m3)	Test gazının gross kalorifik değeri H (MJ/m3)	125,81	125,81	125,81
Cp of water(MJ/kg)	Suyun ısı kapasitesi Cp (MJ/kg)	0,004188	0,004188	0,004188
Gas pressure Pg (mbar)	Gaz basıncı Pg (mbar)	29	29	29
Ambient pressure (mmHg)	Ortam basıncı (mmHg)			
Ambient pressure Pa (mbar)	Ortam basıncı Pa (mbar)			
Gas temperature tg (°C)	Gaz sıcaklığı tg (°C)			
Water vapour pressure W (mbar)	Su buhar basıncı W (mbar)			
Correction factor fn	Düzeltilme faktörü fn			
Efficiency	Verim	#DEGER!	#DEGER!	#DEGER!
Verdict	Sonuç			
Kullanılan Formüller:				
M=M1+0.213*m				
Verim = M* Cp*(t2-t1)*100/(fn*V*H)				
Gross kalorifik değeri için referans durum H(GCV)=1013 mbar and 15 °C				
fn=(Pa+Pg-W)*288.15/(1013*(273.15+tg)) (Correction factor for volume of the gas V to the reference conditions)				
W=exp(21.094-5262/(273.15+ta))				

Şekil 3.11. EN30-1-1 Standardı Yanma Verimi Hesaplama Şablonu Görseli

Çizelge 3.3. EN Standardına Göre Lama Izgara Yanma Verim Ölçümü Hesabı

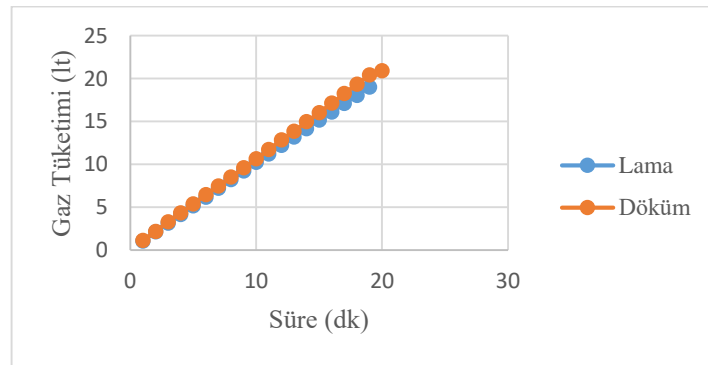
Yanıcı Gücü	Gaz Tipi	Izgara Malzemesi	Yanma Verimi
1.75 kW	NG	Lama Çelik	%62.3
2.9 kW	NG	Lama Çelik	%61.2
4.5 kW	NG	Lama Çelik	%56.5

Lama ızgara ile NG gaz kullanılarak yapılan testlerde verim değerleri çizelge 3-3 de gösterilmiştir. Test sonuçlarında standartlara göre %5 tolerans kabul edilmektedir.(BSI 2021)

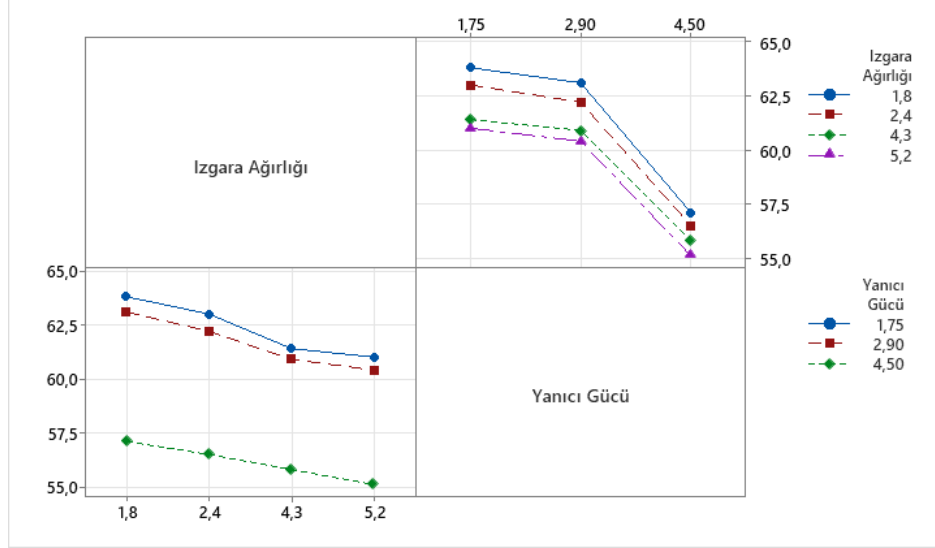
Çizelge 3.4. EN Standardına Göre Döküm Izgara Yanma Verim Ölçümü Hesabı

Yanıcı Gücü	Gaz Tipi	Izgara Malzemesi	Yanma Verimi
1.75 kW	NG	Döküm	%60,1
2.9 kW	NG	Döküm	%58,7
4.5 kW	NG	Döküm	%55,04

Döküm malzeme ızgara ile NG gaz kullanılarak yapılan testlerde verim değerleri çizelge 3-4 de gösterilmiştir. Test sonuçlarında standartlara göre %5 tolerans kabul edilmektedir.(BSI 2021)



Şekil 3.12 Lama ve Döküm Izgara ile Yapılan Yanma Verimi Ölçüm Testlerinde Gaz Tüketimi Grafiği Görseli



Şekil 3.13. Yanma Verimi ve Yanma Verimine Etki Eden Parametrelerin Etkileşim Grafiği

Şekil 3.12.'de yanma verimi ölçümü sırasında farklı malzemeden imal edilen ızgaralarla yapılan testte gaz tüketiminin zamana bağlı değişimi gösterilmektedir. Lama ızgara ile 19. dk 21sn. de yapılan test döküm ızgara ile 20 dk 12 sn sürmüştür. Bu kısa sürede dahi gaz tüketiminde yaklaşık 0,78'lt'lik bir gaz tüketim farkı oluşmuştur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gazlı pişirici cihazlarda kullanılan ızgaraların hammaddesi olarak kullanılan lama çelik ve dökme demirin yanma verimi ve yanma sonucu oluşan atık gazların oluşuma olan etkisi incelenmiştir. Yapılan testler sonucunda aynı tasarıma sahip olan ızgaraların farklı hammaddeden imal edilmesine bağlı olarak CO ve CO₂ emisyonlarında ve yanma verimlerinde farklılıklar gözükmemektedir. Lama malzemeden yapılan ızgaranın yanma verimi dökme demir malzemeden imal edilen ızgaraya göre bütün yanıcı güçlerinde yaklaşık %2-3 oranında daha yüksek çıkmıştır. Yanma veriminin yüksek olması malzemenin moleküler yapısının farklı oluşu dışında lama çelikten üretilen ızgaranın kütlelerinin düşük olması, lama çelik üzerine yapılan emaye kaplamanın ısının daha az absorbe edilerek pişirme yapılan kaba daha fazla ısı aktarma yapabildiği görülmüştür. Ayrıca lama ızgaranın esnekliğinin döküm malzemeye göre daha iyi olması pişirici ile alevin arasındaki mesafeyi azalttığı için yanma verimine olumlu katkı sağlamıştır.

Gazlı pişirici cihazların Dünya’da kullanım oranı yaklaşık %42 civarındadır. Gazlı pişirici cihazlarda yanma veriminin %2-3 oranında iyileştirilmesi, Dünyada total gaz kullanımını düşündürdüğünde çok milyarlarca metreküp gazın daha az kullanımını anlamına gelmektedir.

Döküm malzeme ile imal edilen ızgara mukavemet ve kalıplanabilirliği göz önüne alındığında daha fazla malzeme kullanılarak imal edilmektedir. Bu nedenle ızgaranın ağırlığı aynı tasarıma sahip lama çelikten imal edilen ızgara göre %180 - %250 arasında daha ağırdır. Yanma verimi sırasında ısıtılan kütle miktarı arttığı için dökme demirden imal edilen ızgarada yanma verimi daha düşük çıkmaktadır. Ayrıca imal edilirken oluşan döküm boşlukları ve moleküler boşluklar ısının taşınmasını sağlayarak atık ısı oranının daha fazla olmasına katkı sağlamaktadır.

Yanma sonucu oluşan emisyon söz konusu olduğunda yanma verimini olumsuz etkileyen malzeme özellikleri emisyon testinde olumlu etki gösterdiği görülmektedir. Emisyon yanma sırasında ortaya çıkan atık gazlar olarak değerlendirilmektedir. Yanma sırasında reaksiyona giren hidrokarbonlar ne kadar çok oksijenle birleşebilirse o oranda emisyonda gazları da az ortaya çıkacaktır. Bu nedenle emisyon testinde yanma reaksiyonuna temiz hava taşınmasına yardımcı olan ızgaralar düşük emisyon gazı salınımına yardımcı olmaktadır. Lama çelik ve dökme demirden imal edilen ızgaralar ile farklı yanıcı güçlerinde yapılan emisyon testlerinde lama çelik malzemenin emisyonu olumsuz etkilediği görülmüştür. Dökme demirden

imal edilen ızgara emisyonu yaklaşık %10-18 arasında daha düşük olduğu görülmektedir. Yanıcı gücü arttıkça emisyon oranındaki değişimde artmaktadır.

Dünyada çevresel kirlilik her geçen gün arttığı göz önünde bulundurulduğunda sadece gazlı pişiricilerde kullanılan ızgara hammaddesinin dahi çevreye olan büyük etkisi görülmektedir. Bu olumsuz etkinin azaltılması amacıyla ızgara tasarımı yapılırken aşağıdaki başlıklar tasarım kriteri olarak belirlenmelidir.

- Izgara ile yanıcı arasındaki optimum mesafe
- Yanma sırasında birincil ve ikincil hava beslemesine engel olmayacak tasarım
- Izgara kütlesi
- Izgara ısı taşıma/ absorbe etme kapasitesi
- Tam yanma reaksiyonunu destekleyici brülör kullanımı

Yanma reaksiyonu sonucunda yanma verimi ve emisyon gazı oranı düşünüldüğünde insan sağlığı ve çevresel etkisi bakımından düşük emisyon daha ön planda olmalıdır. Bu amaçla gazlı pişirici cihazlarda dökme demir ızgara kullanımı tercih edilebilir. Yapılacak çalışmalarda dökme demir ızgaranın mukavemetini arttırıp, kütlesini düşürme çalışmaları yapılması durumunda yanma veriminin arttırılması çalışmaları yapılabilir. Burada kalıplama sırasındaki döküm boşlukları, dökme basıncı dökme demir kimyasal birleşimi ve soğuma hızı önemi ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abraham, J., ve Sparrow, A. (2004). A simple model and validating experiments for predicting the heat transfer to load situated in a electrical heated oven. *Journal of Food Enginnering*, 409-415.
- Ahmadi, A. A., Rahbari, A., ve Mostafa, M. (2022). Energy efficiency improvement and emission reduction potential of demostic gas burners through re-orientating the angle and position of burner holes. *Thermal Science and Engineering Progress*, 1-9.
- Amirabedin, E., Anık, T., ve Karaduman, A. (2019). Feasibility of using CFD analysis for improving the gas hobs performance in terms of efficiency and emissions. *Proceeding of the 4. world on Momentum*. Rome/Italy.
- Azmer, M., ve Rozman, B. (2012). *Design of an efficient domestic gas oven*. Tronoh, Perak: University Teknojogi Petronas.
- Bartın Üniversitesi. (2019). *Dökme demirler*. (Bartın üniversitesi) <https://cdn.bartın.edu.tr/metalurji/d7ee7cd9/14.-hafta-dokum-teknolojisi> adresinden alındı
- Bilgin, A. (2011). Kazanlarda enerji verimliliği ve emisyonlar. *Tesisat Mühendisliği Dersisi*, 59-65.
- Böke, Y., Aydın, Ö., ve Uğurluoğlu, E. (2016). Doğal gaz yakıtlı bir kazanda katı yüzey ilavesinin NOx emisyonlarına etkisi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 13(2), 13-18.
- British Standards Institution (BSI). (2021). *Domestic cooking appliances burning gas safety*. BS-EN-30-1-1. European Standart Council.
- Cimini, A., ve Moresi, M. (2017). Energy efficinecy and carbon footprint of home pata cooking appliances. *Journal of Food Enginnering*, 204, 8-17.
- Clanet, C., ve Searby, G. (1996). On the pheomenon combust. flame. *Tulip Flame*, 105, 225-238.
- Comparison of the food chemical properties of fish meat roasted by superheated steam heating and propone gas combustion heating*. (2005). Fisheries University Reserch Report 55,1-11.
- Çanka, K. F. (2017). Endüstriyel kazanlarda enerji verimliliği ve emisyon azalımı fırsatları. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 147-158.
- Çarkacı, E. (2014). EÜAŞ ambarlı fuel oil ve doğalgaz kombine çevrim santralinde kalite yönetim sisteminin uygulaması ve enerji verimliliği üzerine etkisinin incelenmesi. *Enerji Enstitüsü*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Çengel, Y. (2011). *Termodinamik mühendislik yaklaşımıyla*. İzmir: Güven Bilimsel.
- Dinçer, İ. M. (2005). Thermodynamic aspect of renewable and sustainable development. *Renewable ve Sustainable Energy Reviews*, 169-189.
- Durukan, M. (1997). Yanma gaz analizleri ve doğalgaz uygulamalarındaki önemi. *Tesisat Dergisi*, 18.

- Hammond, G. (2001). Exergy analysis of the united kingdom energy system. *Proceeding of the Institute of Mechanical Engineering*, 141-162.
- Hou, S.-S., Lee, C.-Y., ve Lin, T.-H. (2007). , Efficiency and emissions of a new domestic gas burner with a swirling flame. *Energy Conversion and Management*, 1401-1410.
- İlbaş, M., ve Yılmaz, İ. (2002). Farklı ısı güçlerindeki kazanlarda yanma ve emisyon davranışının araştırılması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18-27.
- Jang, H. J., Lee, S. M., ve Kim, N. (2015). Effect of ignition disturbance on flame propagation of methane and propane in a narrow gap disk burner. *Combustion and Flame*, 124-133.
- Ko, Y. C., ve Lin, T. H. (2007). Efficiency and emission of a new domestic gas burner with swirling flame. *Energy Conversion and Management*, 1401-1410.
- Köksal, N. S. (199). Soğuk çekme çubuklarında ısı işlemlerle mekanik özelliklerin değişimi. *Mühendislik Bilimleri dergisi*, 5(2-3), 1063-1066.
- Linhui, S., Ping, Y., Oiang, X., ve Min, L. (2023) *Pot support and gas cooker*. China Patent No. CN220397611U.
- Marsch, A. (2012). *Pan support assembly for gas hob and gas hob* China, EP Patent No. CN102589022A.
- Matsuada, H., Llave, Y., Fukuoda, M., ve Sakai, N. (2012). Color changes in fish during grilling-influences of heat transfer and heating medium on browning color. *Journal of Food Engineering*, 116, 130-137.
- Mishra, D. (2004). Emission studies of impinging premixed flame. *Fuel*, 1743-1756.
- Mistriy, H., Ganapathisubbu, S., ve Dey, S. (2010). A methodology to model flow thermal inside a domestic gas oven. *Applied Thermal engineering*, 104-111.
- Octavia, Mider, S. J., ve Galparsoro, S. (2022,) *Gas tap for gas cooking appliance*. US Patent No. 2022090785A1.
- Oingshuang , F., Xin , L., Xiao, C., Christian, B., ve Marcus, A. (2022). Structure and scalar correlation of ammonia/air turbulent premixed flames in the distributed zone regime. *Combustion and Flame*, 241-251.
- Özdemir, B. (2016). Simulation of turbulent combustion in a self aerated domestic gas oven. *Applied Thermal Engineering*, 160-169.
- Özdemir, İ., ve Kantas, M. (2016). Investigation of partially-premixed combustion in a household cooker-top burner. *Fuel Processing Technology*, 107-116.
- Özsüer, A. (2019). *Investigation of CO and CO2 emission from a domestic gas burner*. İzmir: İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Salzı, O. (2023). *Fırın sisteminde hidrojen gazı katkılı doğal gaz yakıtlı proses brülörü yanma analizleri ve optimizasyonu*. Edirne: Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Savaş, A. F., ve Kocabaş, C. (2019). Endüstriyel kazanlarda yanma veriminin süreç geliştirme teknikleri kullanılarak iyileştirilmesi. *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 357-368.
- Sevgi, E., ve Culha, O. (2021). Isıl işlem şartlarının küresel grafitli dökme demirlerin özelliklerine Etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(69), 1033-1048.
- Sumrereng, j., ve Rungsimuntuchart, N. (2002). High efficiency heat recirculating domestic gas burner. *Experimental Thermal and Fluid science*, 581-592.
- Şener, R., Özdemir, M., ve Yangaz, M. (2019). Effect of geometrical parameters in a domestic burner with crescent flame channels for an optimal temperature distribution and thermal efficiency. *Journal of Thermal Engineering*, 10, 171-183.
- Uğurluoğlu, E. (2007). *Doğal gaz yakılan bir ocakta katı yüzeyin emisyon ve verim üzerine etkisi*. İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Vatandaş, S. (2016). *Sanayi fırınlarında enerji ve ekserji verimliliği*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Williams, F. (2013). *Modern development in energy, combustion and spectroscopy*. Pergamon.
- Yasa, E. (2017). The evaluation of the effects of different building forms and settlement areas on the thermal comfort of buildings. *Procedia Engineering*, 3267-3276.
- Zhang, L., Wenwen , X., ve Ren, Z. (2020). Combustion stability analysis for non-standard low-calorific gases: blast furnace gas and coke oven gas. *Fuel*.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER

A. Uluslararası Hakemli Makaleler

B. Uluslararası Makaleler

C. Ulusal Hakemli Makaleler

Tez çalışma konusu 2023 eylül ayında “**European Journal of Science and Technology**” dergisinde yayınlanması için makale yazılarak gönderilmiştir. Makale hakem incelemesi halen devam etmektedir.

D. Ulusal Makaleler

E. Uluslararası Konferans Bildirileri

F. Ulusal Konferans Bildirileri

G. Projeler

H. Ödüller