



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



# Yüksek sıcaklık fırınlarının hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile modellenmesi

## *Computational fluid dynamics modeling of high temperature furnaces*

Yazarlar (Authors): Cuma KILINÇ<sup>1</sup>, Ümit İSKENDER<sup>2</sup>

ORCID<sup>1</sup>: 0000-0002-6258-617X

ORCID<sup>2</sup>: 0000-0001-8604-882X

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Kılınç C., İskender Ü., “Yüksek sıcaklık fırınlarının hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile modellenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 23(1): 241-247, (2020).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.656066

# Yüksek Sıcaklık Fırınlarının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Modellenmesi

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Cuma KILINÇ\*, Ümit İSKENDER**

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Beşevler, Ankara

(Geliş/Received : 18.05.2019 ; Kabul/Accepted : 06.09.2019)

## ÖZ

Yüksek sıcaklık pişirme fırınlarındaki sıcaklık dağılımı, ürünün çatlaması, kırılması ve hatalı olarak atıl duruma düşmesinde en önemli kriterdir. Pişirme süresince sıcaklık dağılımının homojen olarak fırın içerisindeki dağılımında brülörlerin konumu, debisi, alev boyu gibi pek çok parametre etkilidir. Bu parametrelere göre seramik pişirme fırınlarındaki sıcaklık dağılımının sayısal analizi hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile yapılmıştır. Bu çalışma ile sıcaklık dağılımı ve fırın içerisindeki hava akış hızlarının dağılımı FLUENT 6.2.16 kullanılarak sayısal modelleme çalışması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, HAD, fırın.

# Computational Fluid Dynamics Modeling of High Temperature Furnaces

## ABSTRACT

Temperature distribution in high-temperature cooking ovens is the most important criterion for cracking, breaking and erroneous inertization of the product. Many parameters such as the position, flow rate, flame length of the burners are effective in the homogeneous distribution of temperature distribution in the oven during cooking. According to these parameters, numerical analysis of temperature distribution in ceramic cooking ovens was made by computational fluid dynamics. In this study, the numerical modeling study was carried out using FLUENT 6.2.16.

**Keywords:** Energy, CFD, furnace.

## 1.GİRİŞ

Seramik, şekillendirilmiş çamurun kurutulup pişirilmesi ve sırlanması ile ortaya çıkan üründür. Çalışma şekillerine, yakıt türlerine ve ürün pişirme kapasitelerine göre çeşitli seramik pişirme fırınları tasarlanmıştır. Seramik pişirme işleminde ürün kalitesi kullanılan malzemeye ve pişirilen fırına paralel olarak değişmektedir.

Seramik, ürünlerin kurutulduktan sonra, pişirilmesi, sırlanarak kimyasal maddelere ve suya karşı dayanıklı bir yapı oluşturmaları için 800 ile 2000 ° C arasında en az bir kez pişirilirler. Eğer sırlama yapılacaksa pişirme işlemi çeşitli sıcaklık aralıklarında tekrar edilir. Seramiğin pişirilmesinin yanı sıra soğutulması da belirli kriterlere göre yapılmaktadır.

Yanma odaları hakkında geçmişten günümüze kadar hem kuramsal, hem de deneysel olarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar, yanma veriminin artırılmasının yanında, yanma süresinin kısaltılmasını, yanma sonucu ortaya çıkan istenmeyen gazların oluşmasını engellemek ve yanma odasının küçük hacimde seçilmesini sağlamak üzerine yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda karşılaşılan sorunlar nedeniyle,

yanma odaları hakkında yapılan çalışmalar kuramsal olarak gerçekleştirilmektedir.

İşyarlar (İşyarlar, 2007), yanma odası içinde gerçekleşen termodinamik hal büyüklüklerini incelemiştir. Bu çalışmada çeşitli parametreler ele alınarak, bu parametrelerin değişimlerinin sonucu olarak, yanma odası içerisindeki sıcaklık, entalpi, entropi değerleri incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar daha önceden yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmış ve yanma olayını etkileyebilecek bu parametrelerin analizi yapılmıştır.

Özen (Özen, 2009), iki boyutlu bir brülörde yanma olayının daha iyi anlaşılabilmesi için yanmanın olduğu (reaksiyon) ve yanmanın olmadığı (izotermal) durum problemlerini sayısal olarak incelemiştir. Bu çalışmada, iki ayrı problem, çözüm ağırları GAMBİT 2.2.30 programında tasarlandıktan sonra sonlu hacimler metodunu kullanan Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) paket programlarından FLUENT 6.2.16 kullanılarak çözülmüştür. HAD analizlerinin temelleri üzerinde durulmuş ve kullanılan sayısal çözüm yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Elde edilen sayısal sonuçlara göre hız ve sıcaklık incelemeleri yapılmıştır. Değişik alev parametreleri için hız büyüklüklerinin, türbülans kinetik enerjisinin, boyutsuz parametreler ile değişimleri incelenmiştir

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : cuma.kilinc@hotmail.com

Bakrozis ve arkadaşları (Bakrozis, 1999), girdap akımlı bölgeye iki boyutlu silindirik nozuldan yakıt enjekte edilerek elde edilen türbülanslı reaktif akışı deneysel olarak incelemişlerdir. Farklı hava-yakıt oranlarına sahip üç alev için yapılan incelemede alev uzunluğunun hava-yakıt oranı düştükçe azaldığı gözlenmiştir. Sıcaklık genel olarak nozulün tam orta noktasında maksimum değere ulaşırken duvarlara yaklaştıkça düşmektedir. Hızların, nozul simetri ekseninde sıcaklığın tam tersine minimum değerine ulaştığı, duvara yakın bölgelerde ise en yüksek değerlerde olduğu bulunmuştur.

Başaraner yaptığı çalışmada (Başaraner, 1995), iki boyutlu, sürekli rejimde, reaktif ve türbülanslı akış içeren bir yanma odası geliştirmiştir. Çalışmasındaki parametreleri değiştirerek, farklı sonuçlar elde etmiştir. Modelin sonuçlarını daha önce yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırmış, ardından yanma olayını etkileyebilecek çeşitli parametrelerin çözümlemesini yapmıştır

Bu çalışmada pişirme fırınlarındaki sıcaklık dağılımları incelenerek homojen sıcaklık dağılımının elde edilmesinin kriterleri belirlenmiştir.

### 3.SERAMİK

Bir yada daha fazla metalin metal olmayan bir element ile birleşerek sinterlenmesi yani bu elementlerin yüksek sıcaklıkta bir araya getirilmesiyle oluşan inorganik bileşiğe seramik denir. Halk arasında pişmiş toprak olarak bilinir.

Seramik toprak esaslı olup dış etkiler sonucu parçalanmış kayalardan oluşan kil, kaolen ve bunun gibi maddelerin yüksek sıcaklıkta fırınlarda pişirilmesiyle oluşur.

Seramik çamurunda kullanılan hammaddelerin işlevleri kısaca şöyledir.

Ana hammaddeler:

**Kaolin :** Seramik sağlık gereçleri çamurunda % 25- 30 seramik kaplama malzemelerinde (duvarda) % 15 -20 oranında kullanılır. Çamurun beyazlığı ve pişirmede iskelet oluşumu sağlar.

**Kil :** Seramik sağlık gereçleri çamurunda %30-35 seramik kaplama malzemelerinde (yer ve duvar) %30-55 oranında kullanılır. Çamurun çığ halde plastiği ve kuru mukavemeti verir.

**Feldspat :** Seramik sağlık gereçleri çamurunda %20-25 seramik kaplama malzemelerinde (yer ve duvarda) %20-45 oranında kullanılır. Çamurun pişme esnasında ergimesi, camsı faza geçmesini sağlar.

**Kuvars –kuvars kumu :**Seramik sağlık gereçleri çamurunda %10–15 seramik kaplama malzemelerinde (duvarda) %5-15 oranında kullanılır. Pişmiş çamurunda iskelet teşekkülünü sağlar.

**Mermer :** Küçük kristalli ve basınç altında sağlamlaşmış kalsiyum karbonattır. Seramikte kullanılacak mermerde Fe ve renk verici maddelerin bulunmaması gerekir. Mermer saf feldspat ile ısıtılacak olursa, feldspatın 1280 °C olan ergime noktasını düşürerek daha kolay eriyen bir

cam meydana getirir. Bu özelliğinden dolayı sır üretiminde kullanılır.

**Wollastonit :** Bileşimi kalsiyum silikattır. (CaOSiO<sub>2</sub>) elyafı bir yapısı vardır. Teknik birleşimi %48.25 CaO, % 51.75 SiO<sub>2</sub> olup sertliği 4.5–5 mohs dolayındadır.

**Magnezit :**MgCO<sub>3</sub> bileşiminde olup tabiatta bol miktarda bulunur tek başına ısıtıldığında refrakter sanayinde erime noktasının yüksekliği ve cürufa dayanıklılık yönünden çok önemli bir hammaddedir. Diğer maddelerle karıştırıldığında erikten vazifesi görür. Kuvars ile ısıtılırsa magnezyum silikatu meydana getirir.

### 4. SERAMİK FIRINLARI

İçerisine yerleştirilen ya da sürekli olarak yüklenen malzemeleri, ekonomik bir şekilde ısıtmak suretiyle, işlem sıcaklığına yükselten ve bu sıcaklıkta gereken süre kadar tutan teknik ünitelere, fırın ya da ocak denir. Fırın hacmi, ısıtılacak maddeleri içine alacak ve ısıyı ekonomik olarak üretecek tarzda düzenlenmiştir. Genel olarak, 300 °C dereceye kadar ısınan tiplerine ocak, daha yüksek sıcaklıkta olanlara ise fırın denilmektedir. Isıtılacak parçalar ya da yapı malzemeleri ile alev ve baca gazlarından oluşan fırın atmosferi arasında, genellikle istenmeyen birçok kimyasal olay meydana gelir. Sıcaklığa da bağımlı olan bu olayların, fırın tipinin seçiminde ve yapımında göz önünde tutulması gerekir.

Fırınların genel kullanım alanları şöyle sıralanabilir;

1. Demir ve diğer metal ve alaşımların ergitme ve rafinasyon fırınları
2. Metallerin sıcak şekillendirilmesi için ısıtma fırınları
3. Metallerin ısı işlemleri için kullanılan fırınlar
4. Cevher hazırlama ve zenginleştirme fırınları
5. Seramik, çimento, tuğla vb. üretiminde kullanılan fırınlar
6. Cam endüstrisinde kullanılan fırınlar
7. Kimyasal tesislerde ve plastik üretiminde kullanılan fırınlar
8. Laboratuvar fırınları
9. Kâğıt, tekstil ve diğer endüstri dallarında kullanılan fırınlar

#### 4.1.Seramiğin Pişirilmesi ve Soğutulması

Seramikler, anorganik malzemelerin şekillendirilerek fırınlarda ısı yoluyla sertleştirilmesi ile elde edilen malzemelerdir. Seramik hangi cins olursa olsun seramik teknolojisinde bir pişirme işlemi zorunludur. Pişirme işlemi seramik mamullerinin üretiminde en önemli kademelerden biri olmaktadır. Fırınlama işlemi işletme verimini önemli derecede etkilemekte olup ürünlerin bozuk çıkması ile daha önceki işlemlere ait, enerji malzeme ve masraflar heba olmaktadır. Pişirmenin amacı;

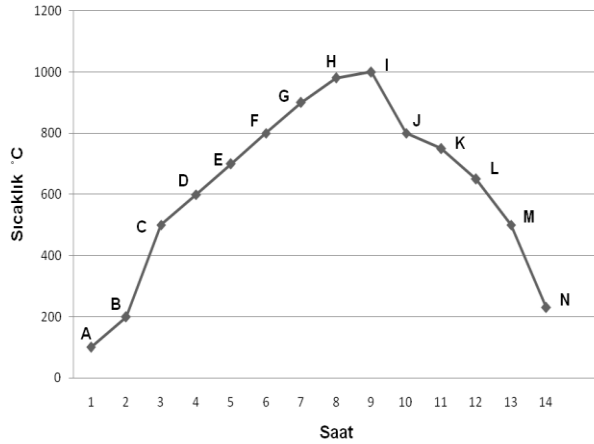
1. Uygun bir pişirme sıcaklığı,
2. Uygun bir ısı dağılımı ve sıcaklık değişim hızı,

3. Uygun bir alev kalitesi, temin etmek sureti ile arzu edilen kalite ve miktarda ürün elde edebilmektir

Seramik mamullerin fırında pişirmeye girdiğinde sert, suya ve kimyasal maddelere dayanıklı bir ürün elde edilir. Sırlanmamış ürüne bisküvi denir ve bir defa pişirilir. Sırlı seramik ise genelde iki defa pişirilir. İlk pişirmeye bisküvi pişirimi denir. Bisküvi mamul sonra sırlanır ve sırlın olgunlaşması için sırlama fırına girer. Dekor seramikler dekor sonrası 700-800 °C'de pişirmeye girer.

Şekillendirilmiş seramik çamurları suya ve kimyasal maddelere dayanıklı, kararlı bünyelere dönüştürülebilmeleri için bileşimine ve niteliklerine göre 700- 2000 °C arasında en az bir kere pişirilirler. Bu aşamadan sonra sırlanacaksa sırlın gelişmesi için 2. kez, sırlı üstü dekorlanacaksa boyaların cinsine ve olgunlaşma derecelerine göre 3. ve 4. kez de pişirilebilirler.

Seramik üretiminde pişirme önemli bir süreç olup, iyi ürün elde edebilmek için pişirme hızı denetlenmeli, fırında uygun bir sıcaklık dağılımı olmalı, pişirme süresi iyi seçilmeli ve soğutma denetim altında tutulmalıdır. Şekil 1'deki pişirme grafiği pişirmenin önemi hakkında bilgi verebilir.



Şekil 1. Seramik Pişirme Sıcaklık- Zaman Grafiği (Ceramic Cooking Temperature- Time Graph)

Pişirme modları:

- AB - Ürünün Kuruması
- BC - Kimyasal suyun uzaklaşmaya başlaması
- CDE - Kuvarın alfa-beta değişimi ve kimyasal suyun tamamen uzaklaşması için yavaş pişirilir
- EFG - Bileşimin mineralleri öz yapılarını değiştirir.
- GHI - İskeleti oluşturan kristal yapı oluşur.
- I - Homojen ısı dağılımı için bir süre tutulur.
- Soğutma
- IJ - Hızlı olabilir.
- JK- Kuvars dönüşümünden dolayı soğuma çok yavaş olmalıdır
- MN - Kuvars dönüşümünden dolayı yavaş soğutulmalıdır.
- LM - Hızlı soğutulabilir

## 4.2. Pişirme Süresini Belirleyen Etkenler

- Bünye cinsi
- Fırınları doldurma sıklığı
- Malzemenin kalınlığı
- Sıcaklığın fırının ortasını etkileme süresi ( Isı homojenliği )
- Fırının hacmi

En ilkelden en gelişmişine kadar, seramik fırınlarında sıcaklık kontrolü ve ölçme işlemi, fırının ayrılmaz bir parçası olmuştur. Fırın türü nasıl olursa olsun, fırının yanmasını kontrol eden ve sıcaklığı ölçen sistemler kullanılır. Çoğu zaman iyi bir sıcaklık kontrolü için, çeşitli türdeki araçlar aynı fırında bir arada kullanılır. Seramik fırınlarında pişirilecek olan malzemenin en iyi şekilde pişmesi ve teknolojinin gerektirdiği özellikleri kazanması ancak fırın sıcaklık kontrolünün düzenli yapılması ve sıcaklığın belirli bir düzeyde tutulması ile olur. Çizelge 1. Seramik ürünlerin pişirme sıcaklık değeri ve ısı ihtiyacı hakkında bir bilgi vermektedir.

## 5. SAYISAL ÇÖZÜMLEME

Şekil 2'den yanma ürünleri sıcaklığının doğrusal bir değişim göstermediği ancak pişirme süresince sürekli yükseldiği görülmektedir. Bununla beraber, fırında tüketilen doğal gaz miktarının ise fırın sıcaklığı ile doğru orantılı olarak değişmediği görülmektedir. Doğal gaz tüketiminin değişkenlik göstermesi, yanma ürünlerinin de aynı oranda değişiklik göstermesine sebep olmaktadır. Bu sonuçlar, fırındaki kurutma süresince gaz tüketimi ve yanma ürünü verilerinin değişken olduğunu, yapılacak hesaplama ve tasarımların ortalama bir değer üzerinden yapılmasını gerekli kılmıştır.

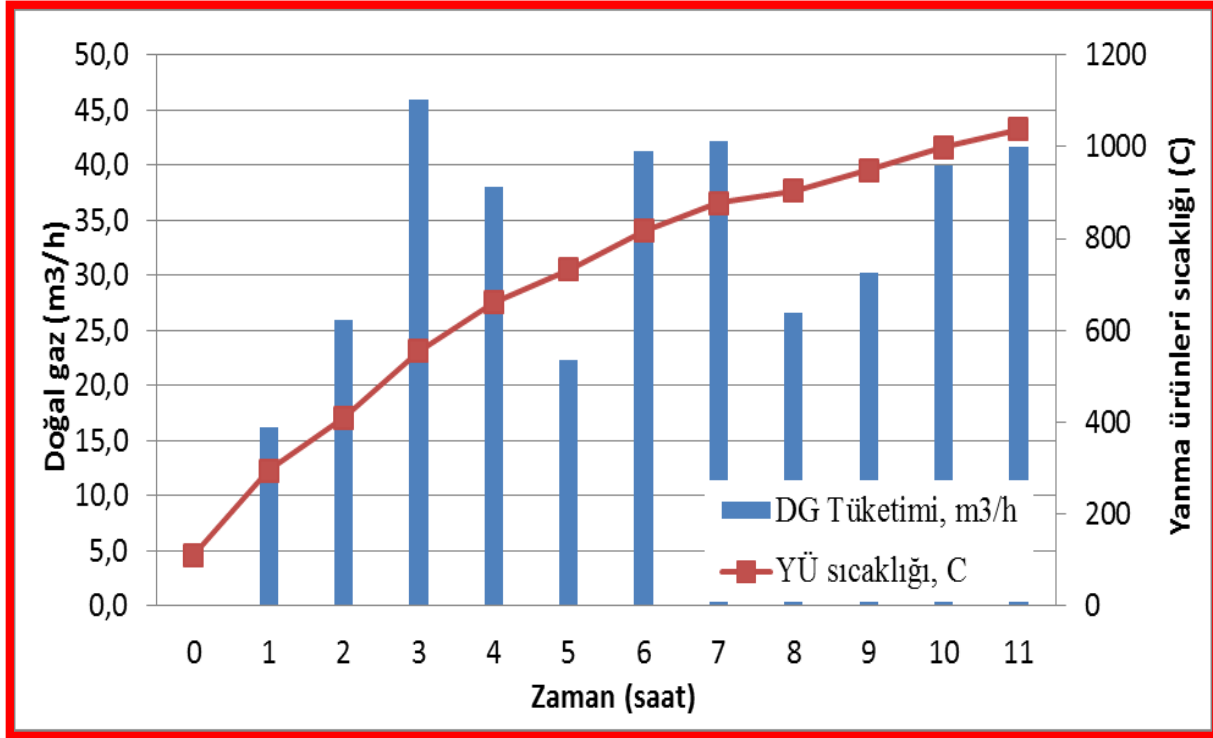
Çizelge 1. Seramik Ürünlerinin Pişirme Sıcaklığı Süresi Isı İhtiyacı (Ceramic Products Cooking Temperature Time Heat Requirement)

MALZAMA CİNSİ	PİŞİRME SICAKLIĞI ( °C)	PİŞİRME SÜRESİ h (saat)	ISI İHTİYACI kJ/kg Brüt miktar
Tuğla	1100	65-70	840-1250
Kiremit	1280	90-120	1880-2100
Sihhi tesisat malzeme	1300	60-70	8370-11720
Fayans	1080	30-40	7120-7540
Emaya kaplama	1280	30-40	8380-10050
Şamot tuğla	1400	65-80	1880-2720
Silika tuğla	1550	200-225	6700-7120
Yüksek değerli porselen	1450	35-50	24300-24700
Elektro porselen	1450	50-100	17170-17500

Seramik pişirme fırınından ölçülen deneysel veriler kullanılarak sayısal çözümlenme analizleri yapılmıştır. Ölçümler fırının normal çalışma prosedürü çerçevesinde yapılan gerçek ve tam yükleme şartlarında yapılmıştır. Ölçümler, fırın üst noktasında yanma ürünleri çıkış ağzında, baca klapesinin hemen altında gerçekleştirilmiştir. Bu noktada yapılan ölçümler yanma ürünlerinin gerek debi, gerekse sıcaklık bakımından en doğru sonuçların alınmasını sağlamıştır.

7 – 10 arası sıcaklıkta ise fırın sıcaklığını artırmak ve mevcut sıcaklığı azaltmamak için doğal gaz az verilip artarak sıcaklık değeri yavaş artmaktadır. seramiğin İskeleti oluşturan kristal yapı oluşur.ve fırın istenilen sıcaklığa ulaşır .

10- 11 saatleri arasında fırında istenilen sıcaklık sağlanmış olup fırın bir miktar homojen ısı dağılımı için bir süre tutulur.



Şekil 2. Seramik Fırınının Doğal Gaz Tüketimi Ve Sıcaklık Değişimi ( Natural Gas Consumption and Temperature Change of Ceramic Furnace)

Bu ölçümler sonucunda pişirme süresindeki fırın sıcaklığının sürekli arttığı görülmektedir burada sıcaklık değerleri sürekli artarken harcanan doğal gaz oranı değişimi orantılı değildir . Seramiğin zarar görmemesi belli zaman aralıklarında belli sıcaklık değerinde olması için ve sıcaklığın seramiğin üzerinde homojen dağılması için fırındaki yanma hızları ve doğal gaz tüketim miktarı belli aralıklarda değişmektedir.

1- 3 saatleri arasında fırının sıcaklığın 1000 dereceye getirilmesi durumunda sıcaklığın artışı ile doğal gaz harcanmıştır ve sıcaklığı hızlı artırarak bu evrede seramik kimyasal suyunu uzaklaşmaya başlaması evresindedir.

3 – 5 saatleri arasında gaz kullanımı azalarak fırının ısınını korumasıyla da fırın yavaş çalışır çünkü bu evrede seramik içerisindeki kuvarsın alfa-beta değişimi ve kimyasal suyun tamamen uzaklaşması için seramik yavaş pişirilir.

5 – 7 saatleri arasında doğal gaz artışıyla seramiğin bileşimin mineralleri öz yapılarını değiştirdiği evredir ve sıcaklığın fazla olması gerekir fırın hızlı çalışır doğal gaz yakımı artar.

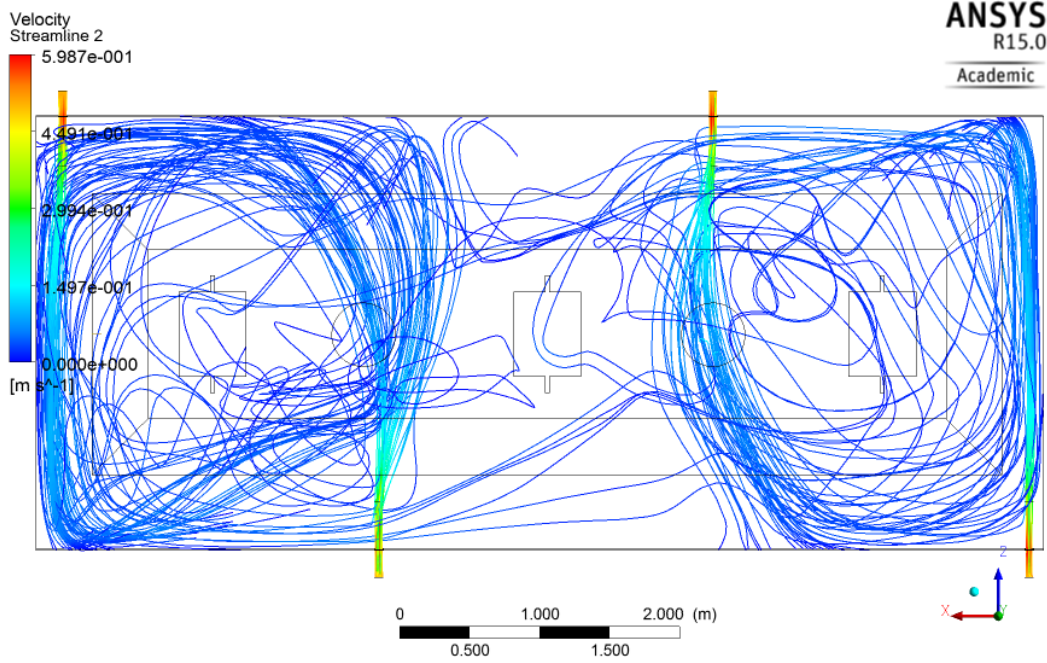
Yapılan FLUENT ön hazırlık analizlerine göre fırın için mevcut sistemin ölçüleri ve beklerin yerleri kullanılarak fırın içi hız ve sıcaklık dağılımları ile davlumbaz içi sıcaklık dağılımları elde edilmiştir. Fırın boş ve yüklemeli olarak ayrı ayrı analizler yapılmıştır. Özellikle çift bacalı ve 3 bacalı fırınlarda bacalardan atılan ısının davlumbaz içerisindeki yayılımı ile dolu haldeki fırın içi sıcaklık dağılımının homojenliği tespit edilerek ürün kalitesinin bozulmaması için optimum bek alev sıcaklıklarının belirlenmesine ve beklerin mevcut sistemdeki yerlerinin homojen şekilde dağılımını sağlayacak düzenlemenin yapılabilmesine imkan tanınacaktır.

Şekil 3’de kazanın üstten görünüşü verilmektedir. Fırın içerisinde her iki kenarlara brülör yerleştirilmiş ve ortada baca çekişi görülmektedir. Aynı seviyeye yerleştirilmiş brülörler türbülansı sağlamak için karşılıklı taraflara yerleştirilmiş olup bu şekilde yanmanın daha verimli olması ve sıcaklık dağılımının homojen olmasını sağlar.

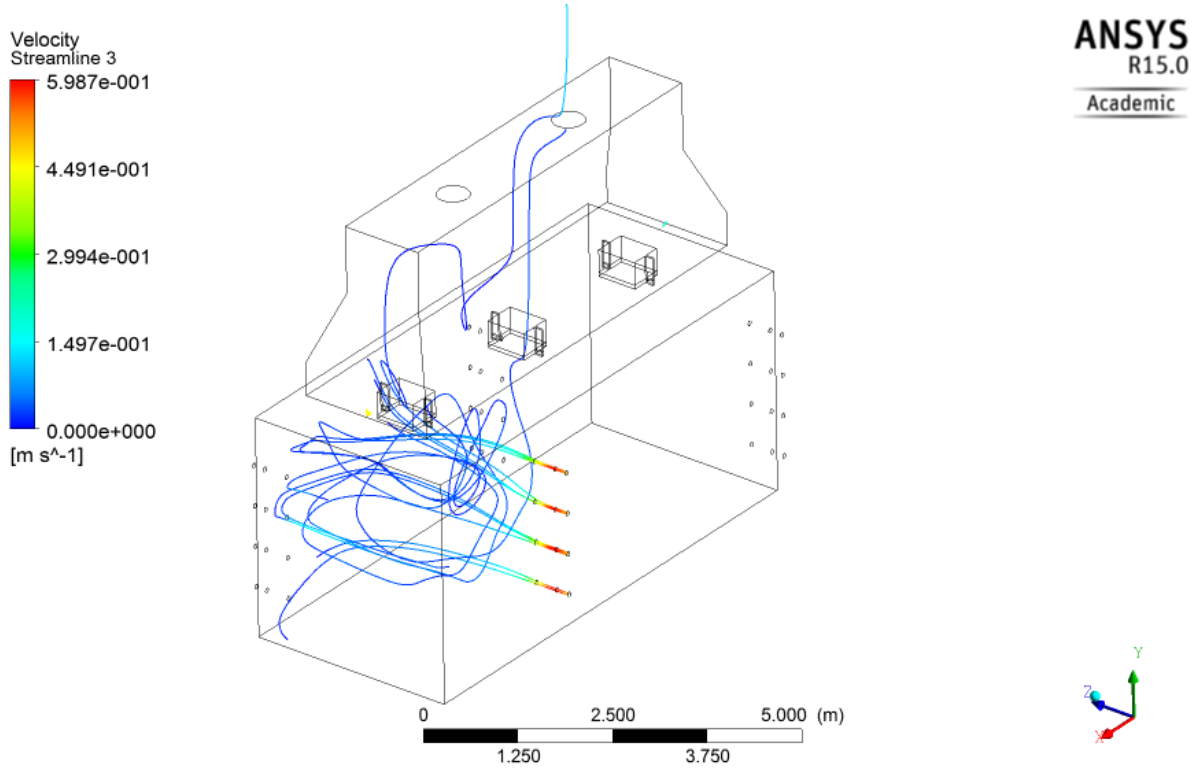
Şekil 4’de görüldüğü gibi tane alt alta dizilmiş şekilde toplam 16 tane brülör yerleştirilmiştir.

Fırın boş ürün olmadan çalışmakta ve bu fırının yanmasının ilk evreleridir burada brülörlerin yerleştirilmesinin önemi ve akışın türbülanslı olduğunu

baca çekişlerini ve sıcaklığın en fazla 470°C olduğu görülmektedir. Fırın daha homojen ısı dağılımına sahip değildir.



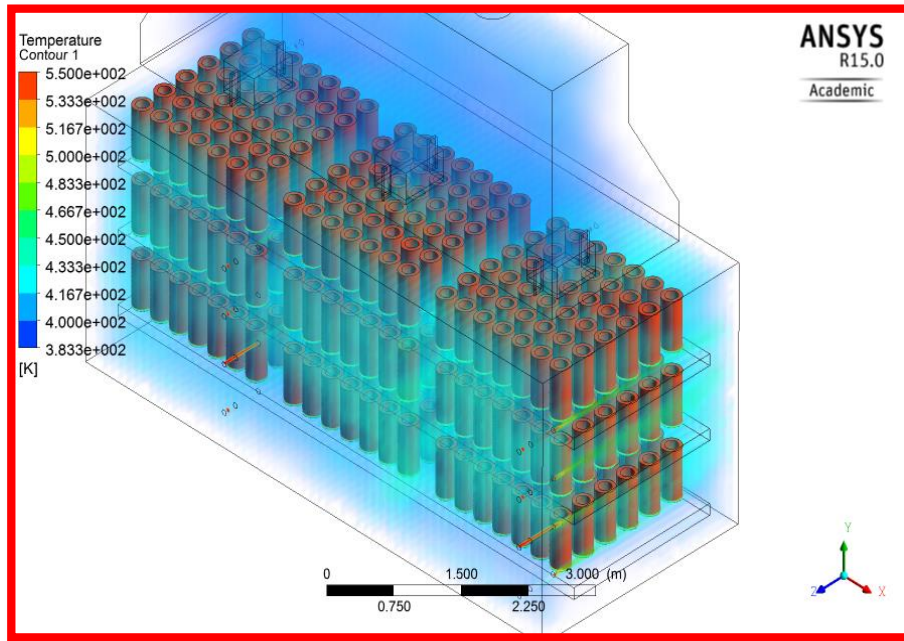
**Şekil 3.** Fırının Üsten Brülör Görünümü ve Türbülanslı Akış  
(Top of the Furnace Burner View and Turbulent Flow)



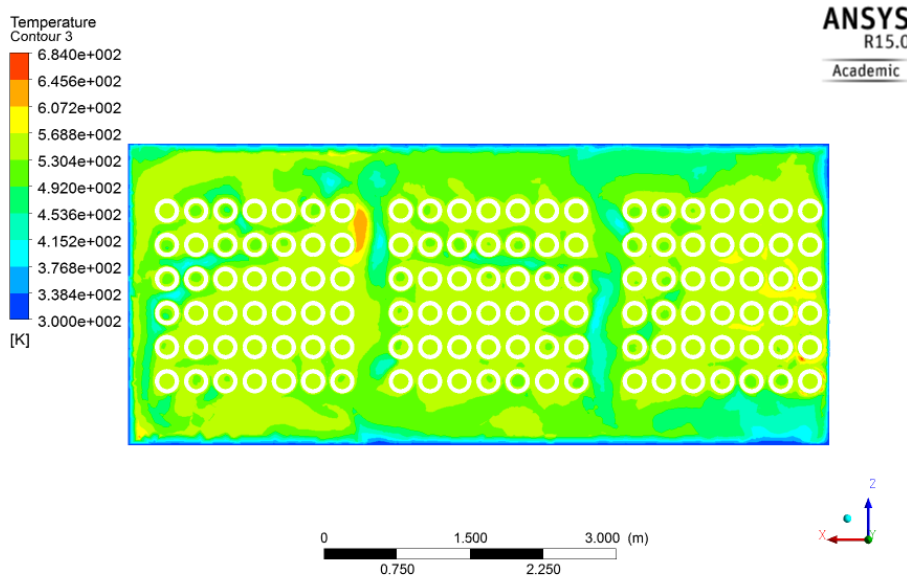
**Şekil 4.** Fırındaki brülörlerin görünümü (View of burners in the furnace)

Piştirilecek ürünler yerleştirildikten sonra yapılan analizlerde elde edilen sıcaklık dağılımı Şekil 5-7'de verilmiştir. Fırın içerisindeki sıcaklık dağılımı brülör noktaları hariç homojene yakındır. Ayrıca üstten görünümü de Şekil 6'da verilmiştir. Burada sıcaklık giderek artmakta ve sıcaklık dağılımı yavaş yavaş homojen olmakta ve sıcaklık maksimum  $550^{\circ}\text{C}$  ye ulaşmaktadır. Burada seramiklerle birlikte ilk sıcaklığın homojen dağıldığını görmekteyiz. Hız vektörleri brülör girişlerinden etkilenecek fırın içerisindeki sıcak hava akımına yön vermiş ve dağılımı üç ana bölgede homojen yapıya ulaştırmıştır. En üst brülörlerle sıcak hava

akımının bacaya doğru yönelmesini sağlamış ve fırın içi sıcaklığın zayıflamasına neden olmuştur. Piştirilen ürün bazında incelemeler yapıldığında hız vektörlerinin etkisinde bazı ürünler etrafında sıcaklık dağılımının homojenlikten uzak olduğu da üst görünüşten (Şekil 6) anlaşılmaktadır. Yan görünüşten (Şekil 7) ürün üzerindeki etkiler ön yüz kısmında net anlaşılamamakta olup ürün geçişlerinin homojen yapıya ulaşmasında brülör yerleşiminin ve alev boyunun doğru ayarlanmasına bağlı olarak fırın içi sıcaklığın homojen yapıya ulaşabileceği de görülmektedir.

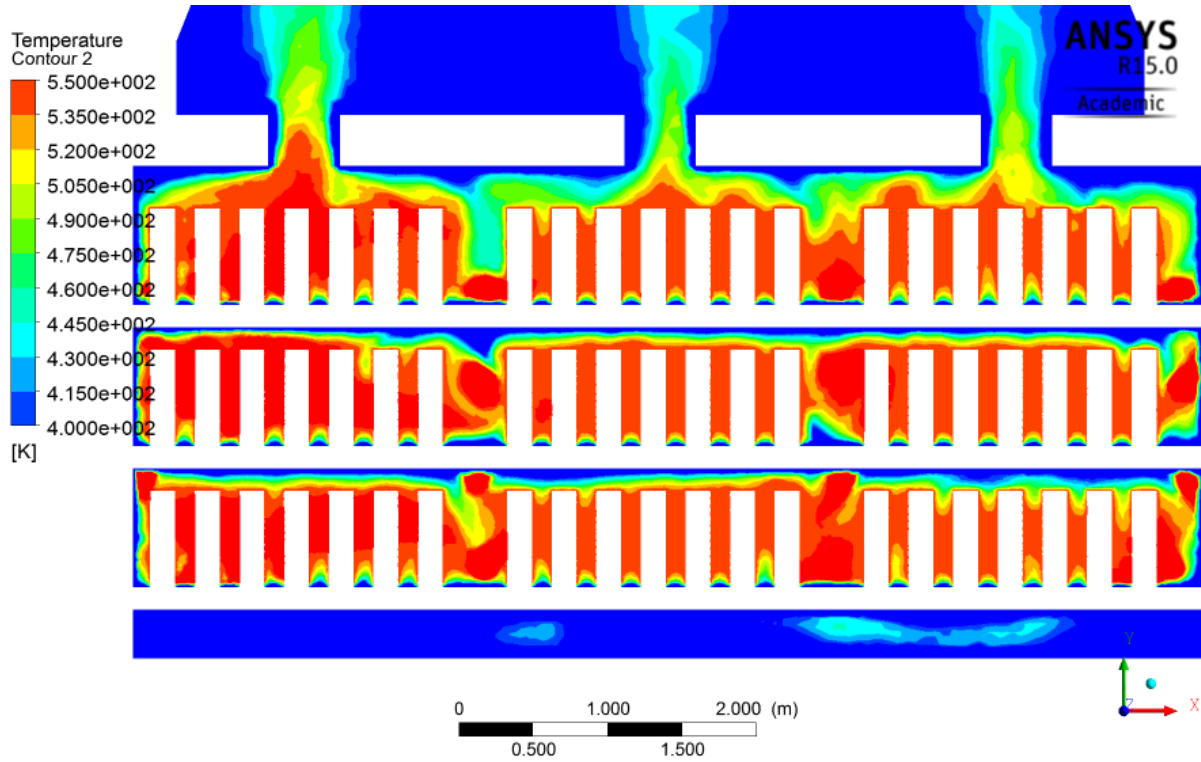


Şekil 5. Fırın seramik pişiriminde homojen sıcaklık termal perspektif görünümü  
(Thermal perspective view of homogeneous temperature in kiln ceramic firing)



Şekil 6. Fırın seramik pişiriminde üstten görünüş  
(Top view of furnace ceramic firing)





**Şekil 7.** Fırın seramik pişiriminde homojen sıcaklık ön görünümü  
(Homogeneous temperature pre-view in kiln ceramic firing)

#### KAYNAKLAR

- 1) Bakrozis, A.G., Papailiou, D.D., Koutmos, P., "A study of the turbulent structure of a two-dimensional diffusion flame formed behind a slender bluff-body", *Combustion and Flame* 119, 291-306 (1999).
- 2) Başaraner, S., "Doğal gaz yakıtlı kazanlarda yanma odasının matematiksel modellenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-124 (1995).
- 3) <https://docs.google.com/presentation/d/1nFkwkiLPsPUd2qzZ4u70E6zufZFJXwWft6wbtoWzvdY/edit#slide=id.i0>
- 4) <http://cengizdamar.blogcu.com/seramik-camuru-ve-yapimi/6254877>
- 5) <http://www.megep.meb.gov.tr/dokumanlar>
- 6) İşyarlar, B., "Doğal gaz yakıtlı bir yanma odasında termodinamik hal büyüklüklerinin analizi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 17-23 (2007).
- 7) Özen, E., "iki boyutlu bir brülördeki yanmanın hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-10 (2009).