

Bir Endüstriyel Tesis Bacasındaki Atık Gaz Akışının Sayısal İncelenmesi

Arş.Gör.Dr. Hakan DEMİR
Arş.Gör.Dr.Ahmet KOYUN
Arş.Gör.Dr.A.Selim DALKILIÇ

ÖZET

İki farklı kaynaktan gelen yanma ürünü gazları karıştırmak bazı teknik problemlere neden olmaktadır. Bazı risklerden dolayı pek çok gaz sağlayıcı firma bu tür bağlantıyı kabul etmemektedir. Bu çalışmada bir kazan ve buhar jeneratörünün bağlı olduğu baca sistemi incelenmiştir. Hava hızı gibi baca içerisindeki gazla ilgili olarak çeşitli ölçümler yapılmış ve baca sistemi modellenmiştir. Baca içerisindeki hız ve basınç dağılımları elde edilmiştir. Kazan ve buhar jeneratörü yanma ürünü gazların baca içerisindeki akışa etkileri ve karakteristik özellikleri tek tek ve beraber halde incelenmiştir. İlk incelemelerin ardından bacada akışı düzenlemek üzere bir revizyon öngörülmüştür. Revizyonlu bacada analizler tekrarlanmış ve revizyon sonrasında bacadaki problemin çözüldüğü görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: k- \hat{A} modeli, baca, CFD, emisyonlar

SİMGE LİSTESİ

C	Sabit
C_p	Özgül ısı [J/kg K]
k	Isıl iletkenlik [W/m ² K]
k	Türbülans kinetik enerji
P	Basınç [Pa]
T	Sıcaklık [°C]
t	Türbülans
u	Hız bileşeni x yönünde [m/s]
ε	Yayma fonksiyonu
ν	Viskozite [m ² /s]
ρ	Yoğunluk [kg/m ³]
v	Hız bileşeni y yönünde [m/s]

GİRİŞ

Baca içerisinde kararlı bir akış sağlamak için bacaya bağlanacak ekipmanlar ve bağlantıları uygun boyutlandırılmalı ve dizayn edilmelidir. Aynı bacaya birden fazla cihaz bağlanması halinde oluşacak akış problemlerine karşı mutlaka önlem alınmalıdır. Ayrıca her bir cihazın etkileri ayrı ayrı araştırılmalıdır. Bacalarla ilgili bu tip çalışmalar literatürde mevcut olmayıp bacalar mevcut standartlara göre

Abstract:

To mix combustion gases coming from two different sources in a single chimney causes some technical problems. Due to some of the risk, most of gas suppliers don't accept this type of design. Here, a boiler and a steam generator connected together to a chimney were examined. First of all, some of the measurements needed were performed, including flow velocity in the chimney and chimney system was modeled. So pressure and velocity distributions in the chimney were obtained. The effect of boiler and steam generator combustion gas on flow and temperature characteristics in the chimney was examined as connected single and together. After the results from first inspection, a revision should be done for the chimney was defined. Also revised chimney examined in model. After this revision, flow problem in the chimney was solved.

Key Words:

hesaplanmakta ve cihazların birbirleriyle etkileşimleri göz önüne alınmamaktadır. Bu tip hesaplamaların en büyük dezavantajı hesaplamaların tek bir cihaz için düşünülerek yapılmasıdır. Eğer birden fazla cihazın bacaya bağlantısı söz konusu ise bunun farklı yöntemler kullanılarak hesaplanması ve sonuçların irdelenmesi gerekir. Bu çalışmada bir buhar jeneratörü ve bir kazanın bağlı olduğu bir tesis bacası incelenmiştir. Bu amaçla baca bilgisayarda modellenmiştir. Geometrinin uygunluğu problemin iki boyutlu ve karalı hal koşullarında modellenmesini mümkün kılmıştır. Sınır koşullarını belirlemek üzere bacada çeşitli ölçümler yapılmış ve bu ölçümler bilgisayarda simülasyonunda sınır koşulları olarak kullanılmıştır. Çözüm sonunda elde edilen sonuçlarda bacada bir revizyon gerektiği sonucuna varılmış ve akışın bozulan bölgesinde bir revizyon öngörülmüş ve revizyonlu bacada işlemler tekrarlanmıştır.

TEORİK MODEL

Türbülanslı akışta sıcaklık, basınç ve hızda bazı dalgalanmalar görülebilir. Bu dalgalanmalar sıcaklık, basınç ve hız terimlerine dahil edilebilir ve laminar akıştaki korunum denklemlerinde kullanılabilir.

$$T = \bar{T} + T' \quad (1)$$

$$P = \bar{P} + P' \quad (2)$$

$$v = \bar{v} + v' \quad (3)$$

İki boyutlu türbülanslı akışta;

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(v \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} - \overline{u'v'} \right) \quad (5)$$

$$C_p \rho \left(\bar{u} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} \right) = k \left(\frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial y^2} - \right.$$

$$\left. \dots \rho \frac{\partial (T'u')}{\partial x} + \frac{\partial (T'v')}{\partial y} \right) C_p \quad (6)$$

Türbülans kinetik enerjisi için;

$$k = \frac{1}{2} \overline{(v_i')^2} \quad (7)$$

ve yayma fonksiyonu;

$$\epsilon_{ij} = 2\nu \frac{\partial u'}{\partial x_k} + \frac{\partial v'}{\partial x_k} \quad (8)$$

k-ε modeli için;

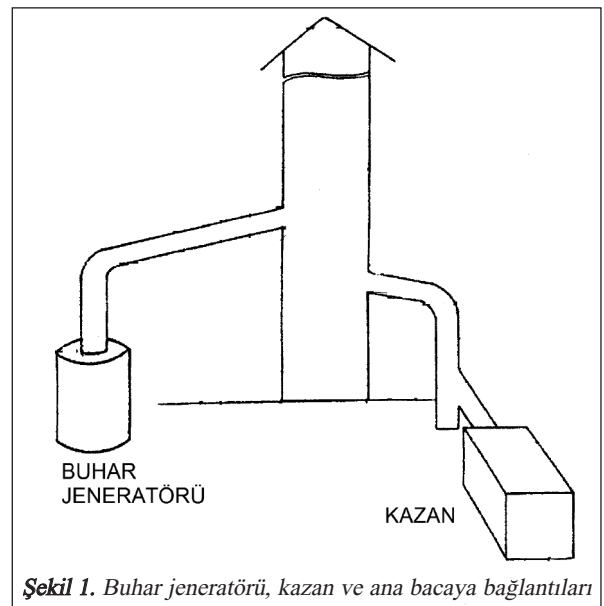
$$\nu_t = C(k^2 / \epsilon) \quad (9)$$

ifadeleri yazılabilir.

PROBLEMİN TANIMI

Şekil 1'de iki farklı cihazın bağlı olduğu baca görülmektedir. Cihazların bacaya girişleri karşılıklı olarak konumlandırıldığından problem üç boyuttan iki boyuta indirgenebilir. Baca 25 m yüksekliğinde ve 1.2 m çapındadır. Buhar jeneratörünün bacası ana bacaya yerden 3.1 m yüksekliğe girmektedir ve çapı 0.7 m'dir. Kazan bacası ise ana bacaya yerden 1 m yüksekliğe girmekte ve çapı 0.67 m'dir.

3200 kW gücündeki buhar jeneratörü 300 mbar basınçta 370 m³/h debisinde doğal gaz ve 1860 kW gücündeki kazan ise yine 300 mbar basınçta 215 m³/h



Şekil 1. Buhar jeneratörü, kazan ve ana bacaya bağlantıları

debisinde doğalgaz ile beslenmektedir. Ayrıca 3200 kW gücündeki buhar jeneratörü atmosferik brülörlü ve kazan ise cebri brülörlüdür.

Bacada yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda bacadaki atık gazlarla ilgili akış hızları ve debileri Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1. Ölçülen ve hesaplanan akış parametreleri

	Buhar Jeneratörü	Kazan	Buhar J. ve Kazan Birlikte
Güç(kW)	3200	1860	5060
Yanma ürünü gazların hızı (m/s)	8.48*	3.56*	3.92**
Yanma ürünü gazların hacimsel debisi (m ³ /h)	14958.84	5765.61	15960.29

*Bağlantı borusundan ölçülmüştür.

**Ana bacadan ölçülmüştür.

Buna ilaveten bacada kirletici parametrelerin de ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Tablo 2’de görülmektedir. Burada dikkat çekici bir husus her iki cihazın beraber çalışması durumunda bacadan atılan yanma ürünü gazların debisinin bu iki cihazın ayrı ayrı çalışırkenki debilerinin toplamından daha küçük olduğudur.

Tablo 2’den de görüleceği üzere cihazlar ayrı ayrı çalışırken herhangi bir problem yaşanmamaktadır. Emisyonlardan, yanmanın cihazların ayrı ayrı çalışması halinde daha verimli olduğu söylenebilir. İki cihazın birlikte çalışması halinde birbirlerini etkilemeleri söz konusudur ve bu etki hem akışta tıkanma hem de yanma veriminde düşme şeklinde kendini göstermektedir. Ayrıca bu ölçümler cihazlar çalıştıktan on dakika sonra ölçülmüştür. Cihazların ilk çalışmaları anındaki emisyon değerleri ölçüm cihazının maksimum ölçüm değerlerinin oldukça üzerindedir ve bu andaki emisyon değerleri çok kısa süre içerisinde cihazın ölçüm aralığının dışına çıkmakta ve cihaz kapanmaktadır. Bu nedenle cihazların birbirlerini etkilemeleri konusu ilk çalışma anında daha fazla önem kazanmaktadır.

Tablo 2: Kirletici konsantrasyonları (mg/m³)

	Buhar Jeneratörü	Kazan	Buhar J. ve Kazan Birlikte
CO (Nm ³)	28.92	50.65	137.89
CO(%3O ₂)	8.0	21.14	60.67
NO _x (Nm ³)	< 1	< 1	2.89
NO _x (%3O ₂)	< 1	< 1	1.27
SO ₂ (Nm ³)	< 1	< 1	4.14
SO ₂ (%3O ₂)	< 1	< 1	1.82

SAYISAL ÇÖZÜM

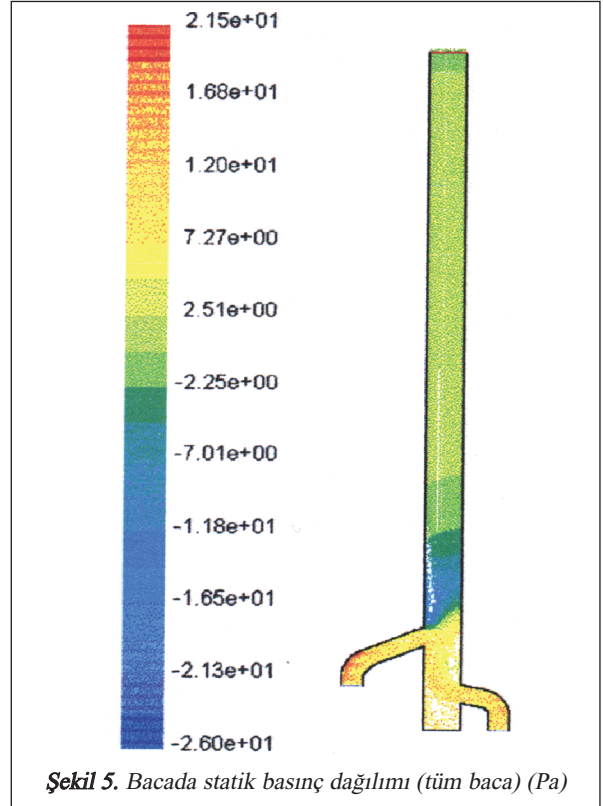
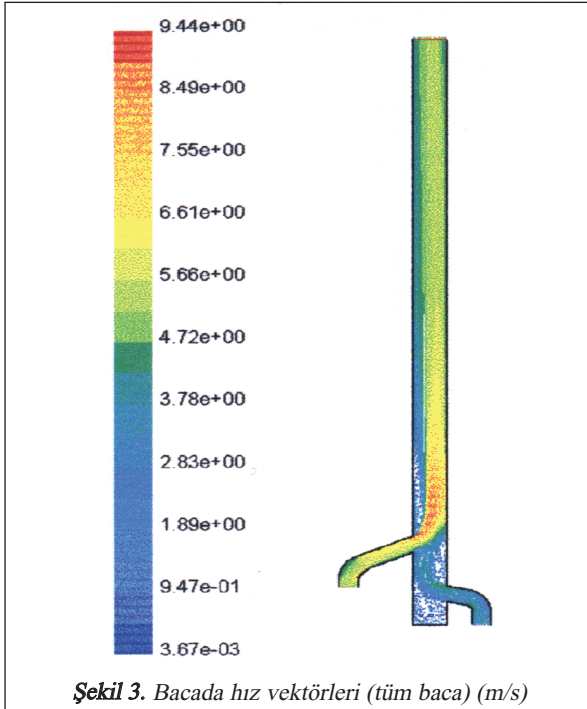
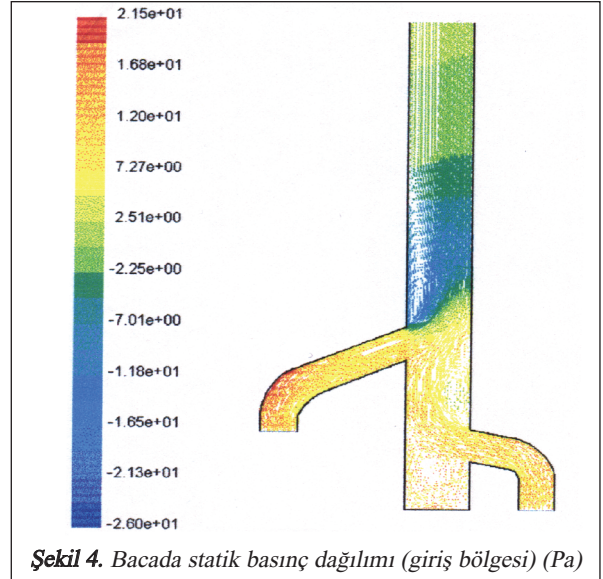
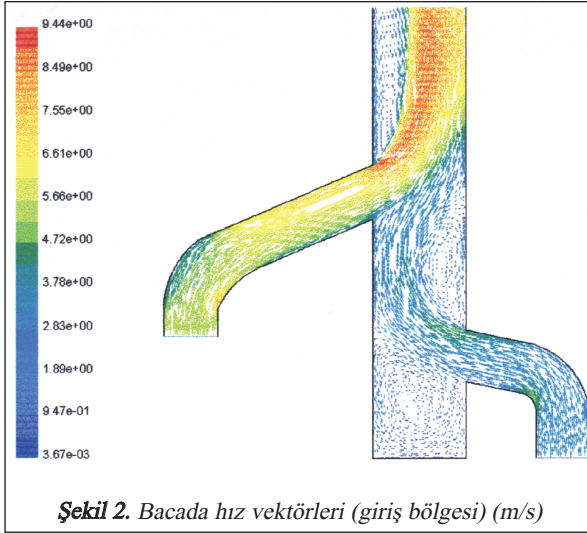
Bacadaki akışın analitik olarak modellenmesi ve çözümü çok zor olduğundan problemin sayısal çözümü yoluna gidilmiştir. Baca FLUENT programında iki boyutlu ve kararlı hal şartlarında olarak modellenmiştir. Ölçümler de bacadaki akış kararlı hal sağlandıktan sonra yapıldığı için modeldeki sınır koşulları ölçümlerden yararlanılarak belirlenmiştir.

Baca gazları içindeki yanma ürünü gazlar toplam debinin sadece %9’unu oluşturduğundan bacadaki akışkan hava olarak alınmış ve havanın fiziksel özellikleri kullanılmıştır. Ayrıca bacadan çevreye ısı kaybının olmadığı ve bacanın iyi yalıtımlı olduğu varsayılmıştır. Akım karakteristiği türbülanslı olduğu için türbülans modeli olarak k-ε modeli kullanılmıştır. k-ε modeli pek çok mühendislik uygulamasında başarıyla kullanılan bir modeldir.

SONUÇLAR ve İRDELEME

Şekil 2 ve 3’te buhar jeneratöründen gelen yanma ürünü gazlar ana bacaya 5–9.5 m/s hızlarında girmektedir. Kazandan gelen gazlar ise daha aşağıdan baca girmektedir ve 2.5–5 m/s hızlarındadır.

Şekil 2 ve 3’den de görüleceği üzere üstten giren gazlar alttan gelen gazların akışını engellemekte ve bu noktada akışı tıkamaktadır. Bu nedenle kazan bacasından ana bacaya gelen gazların bu akışla karışması zorlaşmaktadır. Bu akıştaki düzensizlik bacada akışın tıkanacağı noktadan ancak 6-7 m sonra tekrar düzelmektedir.



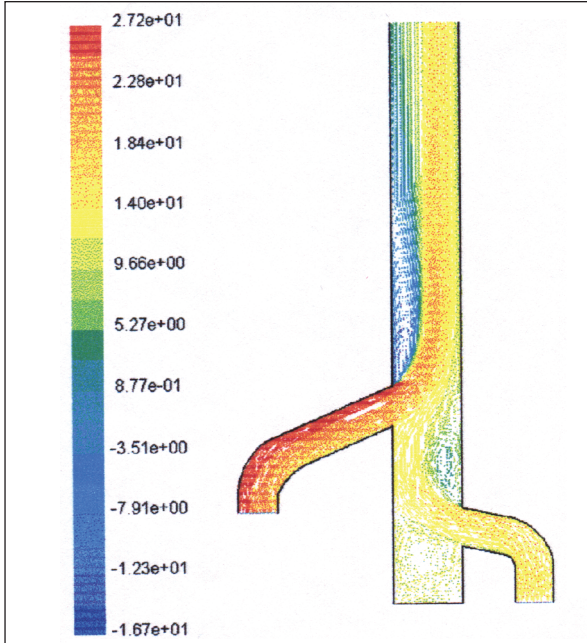
Giriş bölgesinde ve tüm bacadaki statik ve toplam basınç dağılımları sırasıyla Şekil 4, 5 ve Şekil 6, 7'de görülmektedir.

Bu noktada bacadaki akış problemini çözmek için bazı önerilerde bulunabiliriz. Bunlar;

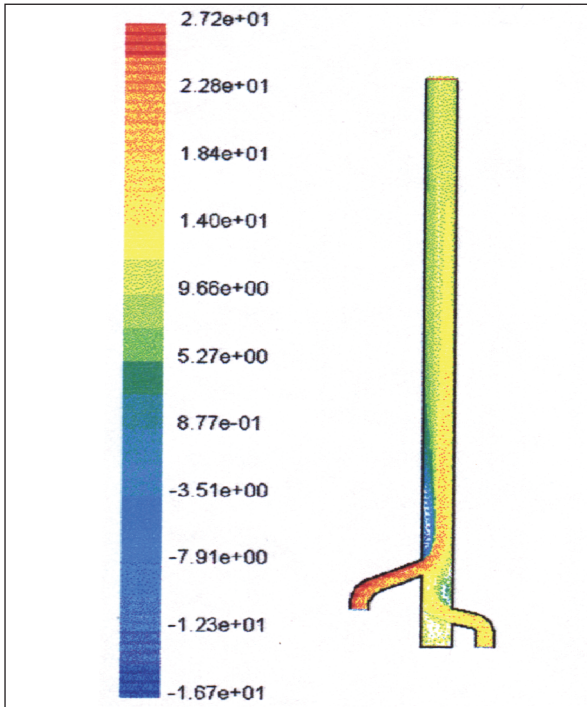
- Her bir cihazı ayrı bacalara bağlamak,
- Bacada Şekil 8'de görüldüğü gibi bir revizyon yapmak ve bacayı sanki iki ayrı bacaymış gibi çalıştırmak.

Burada tercih edilen ikinci çözüm yöntemidir. Baca boşluğunda başka bir baca için yer bulunmamasından dolayı bacada akışı kolaylaştıracak ve tıkanmayı engelleyecek yegane çözüm bacada Şekil 8'de öngörülen revizyonu yapmaktır.

Şekil 9 ve 10'da bacadaki hız dağılımları tam yük

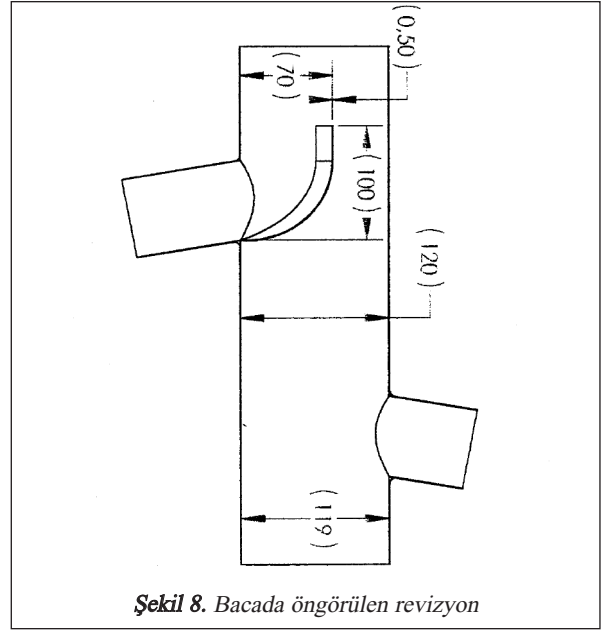


Şekil 6. Bacada toplam basınç dağılımı (giriş bölgesi) (Pa)

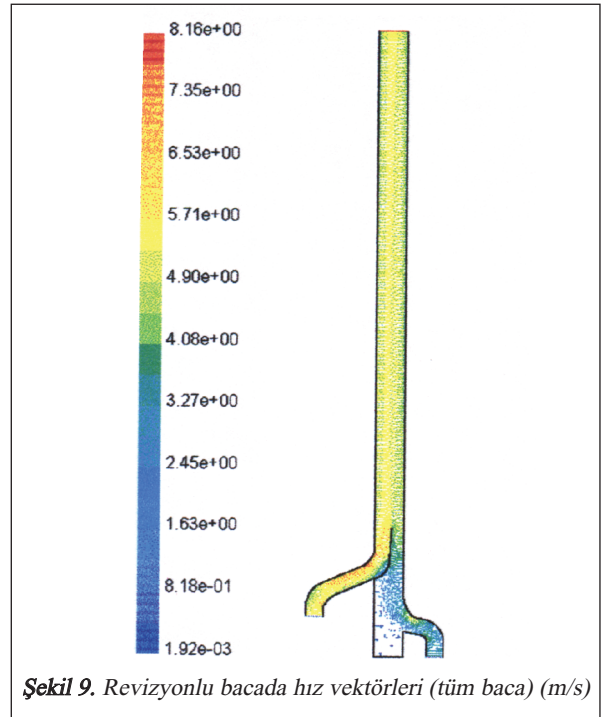


Şekil 7. Bacada toplam basınç dağılımı (tüm baca) (Pa)

durumunda görülmektedir. Burada açıkça görüleceği üzere ana bacadaki hızlar 3.5–5.5 m/s aralığında bir değişim göstermektedir ve ortalama olarak 4.8 m/s gibi bir değere sahiptir. Bu değer daha önce bacada ölçülen which 3.92 m/s değerinden daha yüksektir.



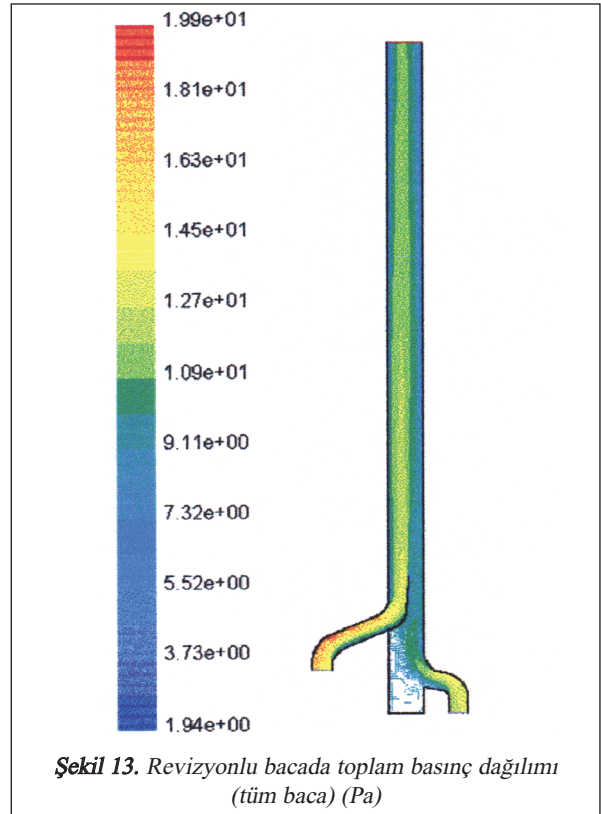
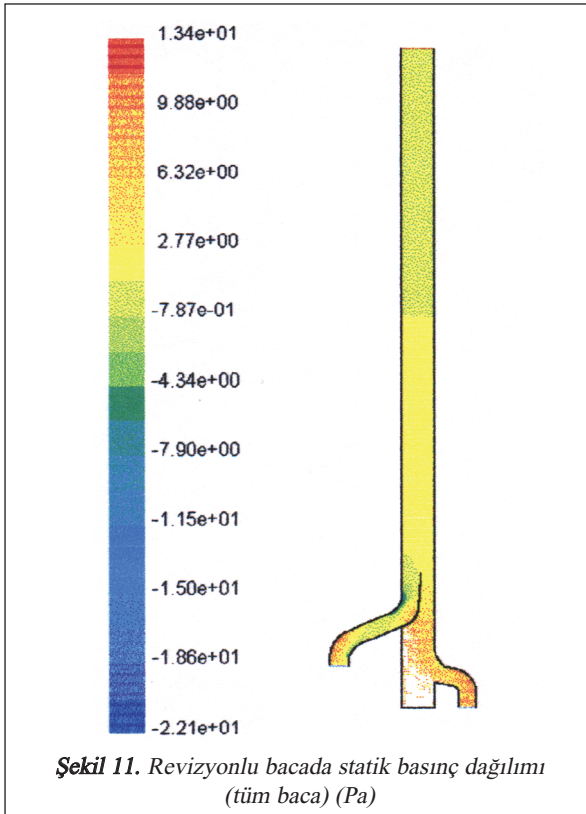
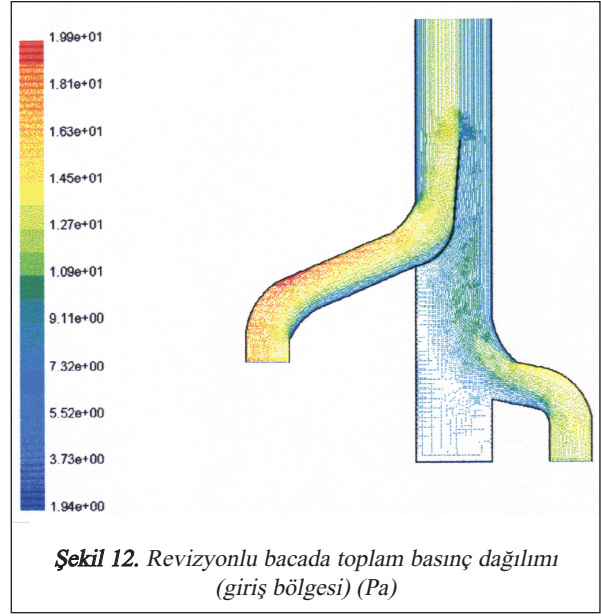
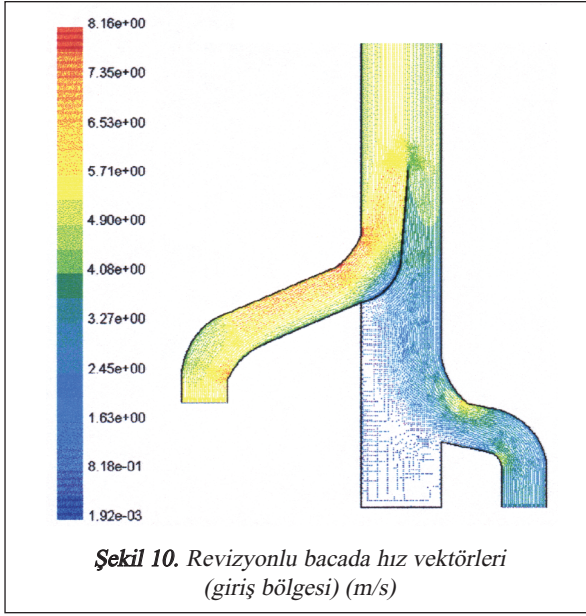
Şekil 8. Bacada öngörülen revizyon



Şekil 9. Revizyonlu bacada hız vektörleri (tüm baca) (m/s)

Bacada revizyondan sonraki hacimsel debi değeri 19543.21 m³/h olarak hesaplanmıştır. Tablo 1’de revizyon öncesinde ise bu değer 15960.29 m³/h olarak ölçüldüğü görülmektedir.

Bacadaki toplam ve statik basınç dağılımlarındaki iyileştirmeler Şekil 11, 12 ve 13’de görülmektedir.



SONUÇ

Revizyon sonrasında akış karakteristiklerinde bir iyileşme görülmektedir. Ayırıcı plaka sayesinde üst akımın alttan kazandan gelen gazların ana akışa karışmasındaki problemin büyük ölçüde giderildiği gö-

rülmektedir. Burada yapılan çalışmada bacada yapılan ölçümlerden ve yapılan bilgisayar simülasyonundan bacadaki akış problemi saptanmış ve çözüm yolu araştırılmıştır. Bacada önerilen revizyon bilgisayar ortamında incelenmiş ve akıştaki problemin bü-

yük oranda ortadan kalktığı görülmüştür. Önerilen çözümün gerçek faydası ise revizyon sonucunda yapılacak emisyon ve hız ölçümleri sonrasında saptanabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Zhao, Y., Stable computation of turbulent flows with a low-Reynolds-number k - ϵ turbulence model and explicit solver, *Advances in Engineering Software*, 1997; 28; 487-489.
- [2] Malin, M., R., Turbulent pipe flow of power law fluids, *Int. Comm. Heat and Mass Transfer*, 1997; 25(7); 977-988.
- [3] Saito, T., Numerical analysis of dusty-gas flows, *Journal of Computational Physics*, 2002; 176; 129-144.
- [4] Jackson, J., D., Büyükalaca, O., He, S., Heat transfer in a pipe under conditions of transient turbulent flow, *Heat and Fluid Flow*, 1999; 20; 115-127.
- [5] Lee, J., S., Xu, X., Pletcher, R., H., Large eddy simulation of heated vertical annular pipe flow in fully developed turbulent mixed convection, *Heat and Mass Transfer*, 2004; 47; 437-446.
- [6] Sierra-Espinosa, F., Z., Bates, C., J., O'Doherty, T., Turbulent flow in a 90o pipe junction Part 1: Decay of fluctuations upstream the flow bifurcation, *Computer and Fluids*, 2000; 29; 197-213.
- [7] Sierra-Espinosa, F., Z., Bates, C., J., O'Doherty, T., Turbulent flow in a 90o pipe junction Part 2: Reverse flow at the branch exit, *Computer and Fluids*, 2000; 29; 215-233.
- [8] Fluent Tutorials, Fluent Inc.