

DOĞALGAZ DÖNÜŞÜMLERİNDE BACA

Doç. Dr. Hikmet KARAKOÇ

1959 Eskişehir doğumludur. 1980 yılında Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu ve aynı yıl bu bölüme Araştırma Görevlisi olarak girdi. 1982 yılında Yıldız Üniversitesi'nden Yüksek Lisans Derecesi'ni, 1987 yılında Anadolu Üniversitesi'nden doktora Derecesi'ni aldı. 1988 yılında Yardımcı Doçent, 1991 yılında Doçent oldu. Sanayide Enerji Ekonomisi, Doğalgaz, Yakıtlar, Çevre konusunda yayın ve araştırmalar yaptı. ÇİTOSAN Çorum Çimento Sanayi, Eskişehir Çimento Fabrikası, Toprak Enerji Sanayi A.Ş. ve 1. Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı için enerji ekonomisi ağırlıklı proje ve etütler hazırladı. Dört dönemdir Türk Isı Bilimi ve Tekniği Derneği Yönetim Kurulu Üyesi olup, aynı derneğin Eskişehir Temsilciliğini yürütmektedir. Halen Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu'nda Öğretim Üyesi olarak çalışmaktadır.

Mehmet KÖKSAL

1951 yılında Ordu'da doğdu. 1972 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Akademisi'nden Makina Mühendisi olarak mezun oldu. 1972 ve 1975 yılları arasında özel sektörde çalıştı. 1975 ve 1988 yılları arasında Orman Bakanlığı'na bağlı Orman Ürünleri Sanayii Genel Müdürlüğü'nde önce Mühendis olarak, sonra Müdür Yrd. ve Müdür olarak çalıştı. 1988 yılında Alarko Şirketler Topluluğu Ankara Bölge Müdürlüğü'nde çalışmaya başladı. Halen Alarko Ankara Bölge Müdürlüğü Doğalgaz Departmanı'nda Merkezi Isıtma Sistemlerinin Doğalgaza Dönüştürülmesi konusunda görev yapmaktadır.

1. GİRİŞ

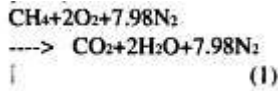
Yakma sistemlerinin önemli bir bölümü de baca sistemidir. Baca dizaynının standartlara göre yapılması yanma verimini etkilediği gibi, kazan boruları ve bacadaki korozyon ve bunun oluşturduğu tahribat bakımından da çok önemlidir.

Katı ya da sıvı yakıt yakmaktayken doğalgaza dönüştürülen sistemlerde dikkate alınması gereken önemli faktörlerden birisi de bacadır. Katı ya da sıvı yakıtta göre hesaplanmış bacanın doğalgaza göre yeniden hesaplanması gerekmektedir.

2. DEĞİŞİK YAKITLAR İÇİN HAVA İHTİYACI, ATIK GAZ VE NEM MİKTARI

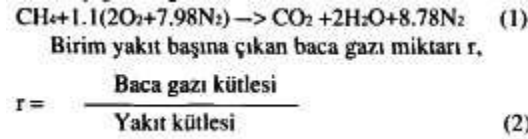
Doğalgaz metan ağırlıklı bir gazdır. Rusya doğalgazındaki garanti edilen minimum metan miktarı %85, Botaş bültenlerinde ise %98 olarak verilmektedir (1).

Metanın yanması aşağıdaki formülle gerçekleşmektedir:



Doğalgazda yanma stokiyometrik yanmaya çok yakındır. Hava fazlalık katsayısı 1.05 ile 1.15 arasında değişir. Bu değer sıvı yakıtlı kazanlarda 1.2 değerindedir.

Hava fazlalık katsayısı 1.1 alınması durumunda Dk.1 aşağıdaki gibi olur:



ifadesiyle tanımlanmaktadır. Baca gazı kütlesi ve yakıt kütlesi Dk. (1) yardımıyla yerine koyulursa r değeri 20.8 kg gaz/kg yakıt olarak bulunacaktır.

Oluşan baca gazı miktarını ampirik formüllerle de hesaplamak mümkündür. Rh özgül baca gazı miktarı (kg gaz/saat) olmak üzere;

$$R_h = \frac{Q_k}{0.8} \frac{r}{H_u} \quad (3)$$

bağıntısından hesaplanabilmektedir. Dk. (3) deki simgelerin anlamları aşağıdaki gibidir:

Q : Kazan ısı yükü (kcal/saat)

η : Kazan verimi H : Yakıtın ısı verimi (kcal/kg)

r : Yanma ürünleri kütlesinin yakıt kütlesine oranı (kg gaz/kg yakıt)

Dk. (2)'nin çözümünden $r=20.8$ kg gaz/kg yakıt olarak bulunmaktadır. H_u alt ısı değeri olarak da 11000 kcal/kg alınmaktadır. Dk. (3)'de ilgili değerlerin konulması ile R_h ,

$$R_h = 3.2 \frac{Q_k}{1000} \quad (5)$$

olarak bulunmaktadır. TS 2165'e göre linyit kok ve fuel oil için R_h özgül baca gazı miktarı,

Tablo 2 : Baca Kesiti İçin Verilen İfadeler		
No	İfade Adı (Kaynak)	Denklem (Denklem no)
1	Redtenbacher ifadesi (3) F: kesitm m: 0.12: baca gazı miktarı kg/h H: Baca yüksekliğim	$F = \frac{m}{924 H} \quad (6)$
2	Otruba ifadesi (3) G _y : Yakıt Miktarı kg/h V _{bg} : Baca gazı hacmi (normal şartlarda)m ³ (N) kg P _w : Kazanın üfleme basıncı Pa	$F = \frac{4.65 \cdot G_y \cdot V_{bg}}{0.3H - 0.1\Delta P_w} \quad (7)$
3	Wolf ifadesi (3) T _{bg} : Baca gazı sıcaklığı K Q _N : Kazan ısı yükü W	$F = \left(\frac{H T_{bg} Q_N}{183 \cdot 10^4 a (1.2 - \frac{365}{T_{bg}})} \right)^{0.4} (H - 0.1 \Delta P_w) \quad (8)$
4	Gröber ifadesi (3) τ: Özel direnç λ: Sürtünme katsayısı a: Dörtgen geometrili kesidin çevre uzunluğum ρ _{bg} : baca gazı kg/m ³ ρ _{at} : Dış hava yoğunluğu kg/m ³	$F = \frac{m}{H} \frac{\infty H/a + \Sigma \tau}{1.5 \cdot 10^8 \rho_{bg} (\rho_{at} \rho_{bg})} \quad (9)$
5	Winterberg ifadesi (3)	$F = \frac{Q_N + 1000}{H \cdot (25 + 2 \sqrt{Q_N})} \quad (10)$
6	Weber ifadesi (3) V _{bg} : Baca gazı m ³ /kg g: Yerçekimi ivmesi m/s ² ρ _N : Baca basınç kaybı Pa ρ _s : Toplam basınç kaybı Pa	$F = \frac{V_{bg}}{\sqrt{H}} \frac{(\infty v h/a + \Sigma \tau) \rho_{bg}}{2g \frac{\Delta P_b}{\Delta P_s} (\rho_{at} - \rho_{bg})} \quad (11)$
7	Münz ifadesi (3) D _s : Eşdeğer hidrolik çap Bu ifade betondu yapılmış bacalar için uygundur.	$F = \frac{Q_N}{1.86 \cdot 10^5 \frac{H(H+35)}{0.02 H + \Sigma \tau} D_h} \quad (12)$
8	Behrens ifadesi (3) a katsayısı kesit şekli, baca durumu ve yakıt cinsine göre belirlenir. Çeşitli ülkelerde aşağıdaki değerleri alır a= 0.01 USA a= 0.02 Almanya DIN 4705 a= 0.0235 İngiltere a= 0.03 İsviçre a= 0.03164 Fransa	$F = a \frac{Q_N}{\sqrt{H}} \quad (13)$
9	Behrens ifadesi (3) V _{bg} : Baca gazı hacmi (normal şartlarda) m ³ (N) Kg	$F = \frac{V_{bg}}{4320 \sqrt{\frac{H}{4}}} a \quad (14)$
10	(4) Q _k : Kazan nominal kapasitesi(kcal/h) h: Baca yüksekliği (m) F: Baca kesiti(cm ²)	$F = 0.015 \frac{Q_k}{\sqrt{h}} \quad (15)$
11	Plewa (4) Q _k : Kazan nom. kapasitesi(kcal/h) h: Baca yüksekliği (m) F: Baca kesiti(cm ²)	$F = \frac{Q_k + 10000}{\sqrt{h (25 + 2 \sqrt{Q_k})}} \quad (16)$
12	Redtenbacher (6) Q _k : Kazan kapasitesi (kw) h: Baca yüksekliği (m) m: 900-1800 arası katsayı	$F = \frac{2.6 Q_k}{m \sqrt{h}} \quad (17)$
13	(1) R _b : Özgül baca gazı miktarı(kg/h) n: Baca sabiti (tablolardan seçilir) h: Baca yüksekliği (m)	$F = \frac{l}{n} \frac{R_b}{\sqrt{h}} \quad R_b = \frac{2.4 Q_k}{1000} \quad (18)$

ifadesinden bulunmaktadır.

Dk.(4) ve (5)'in incelenmesinden anlaşılacağı gibi aynı ısıl kapasitede çalıştırılan doğalgaz kazanı diğer kazanlara göre yaklaşık %30 daha az baca gazı oluşturmaktadır.

Doğalgaz kullanımı durumunda yanma için gerekli hava ve baca gazı miktarı daha az olmaktadır.

Aynı kazanda sıvı yakıt ve doğalgaz kullanılması sonucu elde edilen değerler Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1 : Aynı Kazanda Fuel Oil ve Doğalgaz Yakılması Sonucu Elde Edilen Değerler (2)		
Kazan Tipi:	Alev Duman Borulu 3 Akımlı Skoç Tipi Kızgın su Kazanı 180 C 10 bar	
Isıtma Yüzeyi:	150 m ²	
Yakılan fuel-oil alt ısı değeri:	40.5 MJ/kg=9700 kcal/kg	
Yakılan doğalgaz alt ısı değeri:	31.7 MJ/kg=7593 kcal/m ³	
Değerlendirme	Fuel-Oil ile	Doğal Gaz ile
Isı Kapasite	5.8 MW (4988000 Kcal/h)	5.8 MW (4988000 Kcal/h)
Birim Isıtma Yüzeyinden Elde Edilen Isı	38.66 kW/m ²	38.67 kW/m ²
Ort. Baca Gazı Sıc.	240 C	228 C
Hava Fazlalığı	%20	%6.7

Dk. (1)'in incelenmesinden, 1 m³ doğalgaz ile 2 m³ oksijenin birleşeceği ve 1 m³ karbondioksit ve 2 m³ su buharı oluşacağı görülmektedir.

Karşılaştırmalı olarak çeşitli yakıtların yakılması sonucu oluşan su buharı miktarları şöyle olmaktadır (3):

1 litre Fuel oil yanmasından 1 kg su buharı

1 kg odunun yanmasından 1 kg su buharı

1 m³ doğalgazın yanmasından 1.5 kg su buharı

Bu değerler bize yoğuşmanın daha fazla olacağını belirtmektedir.

Üzerinde duracağımız diğer bir faktör de baca gazındaki CO₂ yüzdesine bağlı olarak yoğuşma sıcaklıklarıdır. Bu durum Şekil 1'deki diyagramda görülmektedir (3).

Diyagramdan da görüldüğü gibi aynı CO₂ yüzdesi için doğalgaz diğerlerine göre daha yüksek sıcaklıklarda yoğuşmaktadır.

Bu bölümde verilen bilgileri şöylece özetlemek mümkündür.

Doğalgaz kullanılması durumunda katı ve sıvı yakıtlara göre;

- Daha az yakma havası gerektirmekte,
- Daha az baca gazı oluşturmakta,
- Daha fazla su buharı oluşmakta,
- Daha yüksek sıcaklıklarda yoğuşma oluşmaktadır.

3. BACA KESİT ALANI

Baca kesitinin hesabı DIN 4705'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Baca kesiti hesabında:

- Yakıt cinsi
- Kazan gücü
- Baca gazı kazan çıkış sıcaklığı
- Kazan konstrüksiyonu
- Üfleme

- Direnç

- Baca giriş basıncı gibi bilgilerin bilinmesi gerekir. Bu amaçla hazırlanmış paket programlar da vardır. Birçok kaynakta çeşitli tablo ve diyagramlardan yararlanarak ya da amprik olarak geliştirilmiş daha basit formüllerle kesit hesabını veren ifadeler bulunmaktadır. Baca kesiti hesabında kullanılmak üzere geliştirilmiş ondört ifade ile bunlarla ilgili bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

Katı, sıvı yakıt yakan kazan bacaları ile doğalgaz yakan kazan baca kesiti arasındaki oran için aşağıdaki ifadelerden yararlanılabilir.

bakınız: 8

Sıvı ve gaz yakıtlardaki baca gazı miktarını veren Dk. (4) ve Dk. (5), baca kesiti için Tablo 2'de verilen Dk.(20) da kullanılırsa linyit, kok ve fuel oil için

$$F = \frac{1}{n} \cdot \frac{3.2}{h} \cdot \frac{Q}{1000} \quad (21)$$

ifadesi, doğalgaz için ise,

$$F = \frac{1}{n} \cdot \frac{2.4}{h} \cdot \frac{Q}{1000} \quad (22)$$

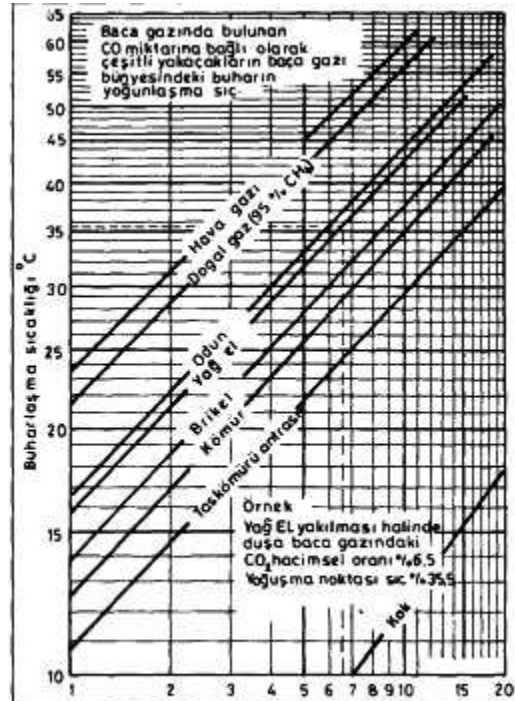
ifadesi elde edilmektedir. Aynı baca yüksekliği ve kazan kapasitesi için, baca kesiti, oluşan baca gazı miktarı ile orantılı olarak değişmektedir.

Buna göre katı ya da sıvı yakıt yakmaktayken doğalgaza dönüşen kazanların baca kesit alanı yaklaşık %30 daha küçük olması gerekmektedir.

4. BACALARDA YOĞUŞMANIN VE KOROZYONUN NEDENLERİ

Doğalgaza dönüşümde yoğuşmanın başlıca nedenleri şöyle sıralanabilir:

- Doğalgazın yoğuşma sıcaklığı diğer yakıtlardan daha yüksektir (Şekil 1).



Şekil 1 : Çeşitli Yakıtlar İçin CO₂ Yüzesine Göre Yoğuşma Sıcaklıkları (3)

- Doğalgazın yanması sonucu diğer yakıtlara göre daha fazla su buharı oluşturmaktadır.
- Daha az yakma havası gerektirdiğinden dolayı daha az baca gazı açığa çıkacaktır. Mevcut baca kesiti bu yüzden yaklaşık %30 büyük kalmaktadır. Bu da bacanın çabuk soğumasına ve yoğuşmaya neden olmaktadır.
- Baca izolasyonunun yetersiz oluşu bacanın çabuk soğumasına neden olmakta bu da yoğuşmayı hızlandırmaktadır.
- Kalorifer kazanının bina ısı ihtiyacından büyük seçilmesi durumunda, baca gazı debisi de kazan kapasitesine göre dizayn edilmiş baca kesiti için düşük kalmaktadır.
- Herhangi bir nedenle azaltılan yakma havası miktarı baca gazı debisini düşürmekte bu da istenmeyen baca soğumasına neden olmaktadır.

Bacadaki yoğuşma da korozyona neden olmaktadır. Yoğuşan su buharı sıvaların dökülmesine, bacanın yarılmasına hatta, devrilerek maddi hasarlara neden olabilir.

5. YOĞUŞMA VE KOROZYONU ÖNLEME YOLLARI

Yoğuşmaya nedenleri iyi incelenirse buradan çözümlerine de geçmek mümkün olacaktır.

Dönüşümlerde, kazan kapasitelerinin ısıtılan mahaller ile uyumlu olacak şekilde belirlemek önemli adımlardan birini oluşturmaktadır.

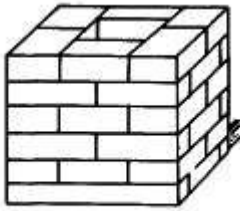
Diğer önemli nokta baca kesitinin doğalgaz kullanımına uygun hale getirilmesi ve DIN normlarına göre ölçülendirilmesidir.

Bacalarda yoğuşmanın önlenmesi bakımından önemli bir nokta da bacanın ısı iletim dirençlerinin yüksek olmasıdır. Bacalar ısı iletim dirençlerine göre üç grupta toplanmaktadır. Tablo 3'te bu gruplar görülmektedir.

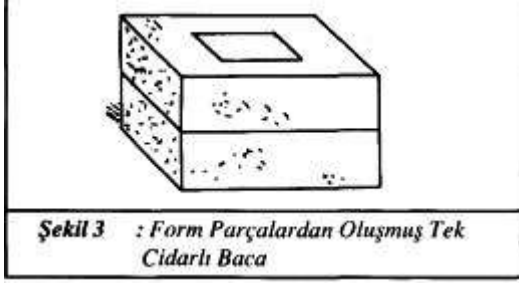
Isı iletim direncinin artırılması da bacanın iyi bir şekilde yalıtılmasıyla mümkündür. Önceleri tek cidarlı olarak yapılan bacalar (Şekil 2, 3), izolasyonun öneminin artmasıyla iki ve üç cidarlı izolasyonlu bacalar kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 4, 5) (7, 8).

Tablo 3 : Bacaların ısı iletim dirençlerine göre gruplandırılması (3)

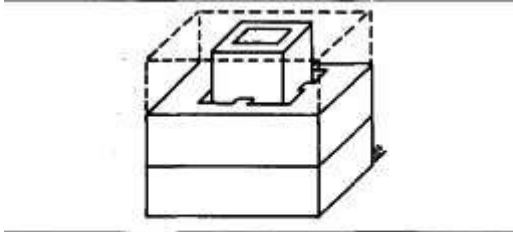
Isı İletim Direnci $\frac{m^2 K}{W}$	Isı İletim Direnci grubu	Pürüzlülük (r) mm
en az 0.65	I	2
0.22 - 0.64	II	2
0.12 - 0.21	III	3



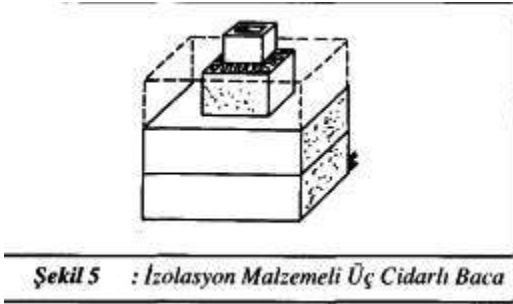
Şekil 2 : Tuğladan Örülmüş Tek Cidarlı Baca



Şekil 3 : Form Parçalardan Oluşmuş Tek Cidarlı Baca



Şekil 4 : Form Parçalardan Oluşan Çift Cidarlı Baca

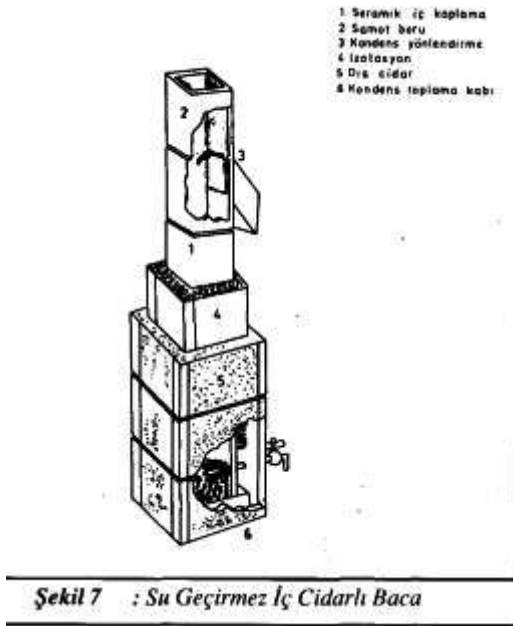
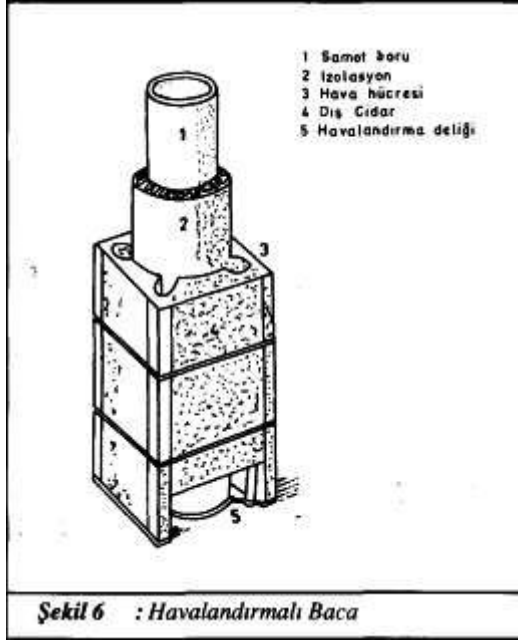


Şekil 5 : İzolasyon Matzemeli Üç Cidarlı Baca

Doğalgazın kullanılması durumunda yanma sonunda diğer yakıtlara göre daha fazla su buharı çıkmaktadır; baca gazı sıcaklığı düşük olduğunda da nemin baca gazı ile tahliyesinde problemler ortaya çıkar. Özellikle 100°C'den daha düşük baca gazı sıcaklığında, bacanın iyi izolasyon olması durumunda bile yoğuşma olabilir. Doğalgazda baca gazı yoğuşma sıcaklığı yaklaşık 50°C'dir (7).

Sıvı ya da katı yakıtta göre dizayn edilmiş bacadaki iç cidar sıcaklığı söz konusu yakıtların yoğuşma sıcaklıklarına uygundur. Bu bacalarda doğalgaz yakılması durumunda yoğuşma meydana gelir. Geleneksel bacalar nemden etkilenmemektedirler. Bu durumda nemden etkilenmeyen bacalar kullanılmalıdır. Baca yapımında alınan önlemler, oluşan nemin zarar vermeksizin bacadan tahliyesini sağlamaktadır. Böylece baca girişi sıcaklığı 40-60°C'ye kadar düşürülebilir ve emniyetle tahliye edilebilir.

Doğalgaza geçiş durumunda "nemden etkilenmeyen baca" kullanılmalı; ehliyetli kurumlara yaptırılmalı ve onaylatılmalıdır. Nemden etkilenmeyen baca için iki tip önerilmektedir (Şekil 6, 7):



- Havalandırmalı bacalar

- Su geçirmez iç cidarlı bacalar

Havalandırmalı bacalarda dış cidardaki hava hücreleri ile bacada oluşan nem alınır. Hava hücrelerinden geçen hava iç boru ve izolasyon yüzeyindeki nemi absorbe ederek bacanın üst kısmından dışarı verir.

Su geçirmez iç cidarlı bacada bacanın iç cidarı su geçilmeyecek biçimde yapılmıştır.

Baca gazı çıkış sıcaklığının çiy noktası altında tutulması da yoğuşmayı önleyecektir.

Bir bacaya sadece bir kazan bağlanması ve baca içine dışarıdan hava girişinin önlenmesi de yoğuşma ve korozyonu önleyecektir.

Doğalgaz dönüşümünde karşılaşılan önemli bir sorun, mevcut bacanın izolasyon eksikliği ya da yanlış kesit seçimi nedeniyle, korozyona uğramış olması ve tahribatın dönüşümü zorlaştıracak düzeyde olmasıdır. Dönüşüm

sirasında da yine izolasyon eksikliği ve yanlış kesit hesabı; daha sonra ortaya çıkabilecek sorunların nedenini oluşturmaktadır.

6. SONUÇ

Sıvı ya da katı yakıt kullanmakta olan ısıtma sistemlerinde doğalgaz kullanılması durumunda kazan, brülör, havalandırma sistemi ve elektrik sistemindeki değişikliklerin yanı sıra baca da gözden geçirilmelidir. Mevcut baca önceki kullanılan yakıtı göre dizayn edilmiştir. Bu haliyle kullanılması bacada yoğunlaşmaya neden olur, bacada hasarlara kazan borularında çürümeye neden olacaktır.

- Yanma sonu oluşan gaz yaklaşık %30 daha az olmaktadır.
- Daha fazla nem oluşmaktadır.
- Daha yüksek sıcaklıklarda yoğunlaşma oluşmaktadır.

Bu nedenlerle;

- Baca kesiti yanma sonu oluşan gaz miktarına uygun olacak şekilde yeniden hesaplanarak küçültülmelidir.
- Bacada izolasyon yapılmalı, nemden etkilenmeyecek önlemler alınmalıdır.

KAYNAKÇA

1. SEYMAN Ö., Doğalgazda Bacalar, Doğal Gaz Ekim 1991, Sayı 16,56-58.
2. BİLGİÇ M., Kazanların Doğalgaza Dönüşümü ve Dizaynlarda Göz önüne Alınması Gereken Hususlar, Doğal Gaz, Ağustos 1984, Sayı 4, 39-44.
3. DAĞSÖZ A.K., Bacalar ve Boyutlandırılması, TMMOB MMO Tesisat Mühendisliği, Nisan Mayıs 1994,5:14-20.
4. BIÇAKÇI K., Konutlarda Doğalgaz Tesisat Uygulama Esasları, Doğal Gaz, Mart Nisan 1992, Sayı 19, 75-81.
5. SEYMAN Ö., Doğal Gazlı Kalorifer Dairelerinde Gerekli Şartlar, Doğal Gaz, Haziran 1991. Sayı 14,24-30.
6. ALPHAN A., Binalarda Baca-2, Tesisat Mühendisliği, Ekim-Kasım 1994,56-59.
7. MMO, Kazan ve Baca, TMMOB, MMO, Yayın no: 155,107 s.
8. MMO, Konut Tesisatı İşletmecileri İçin Doğalgaz El Kitabı, TMMOB, MMO, Yayın no:174,56s.