



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KALORİFER KAZANLARININ TERMOEKONOMİK ANALİZLE OPTİMİZASYONU

MUHAMMED ASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2007

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KALORİFER KAZANLARININ TERMOEKONOMİK ANALİZLE
OPTİMİZASYONU

MUHAMMED ASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Muhiddin CAN
(Danışman)

.....

ÖZET**KALORİFER KAZANLARININ TERMOEKONOMİK ANALİZLE
OPTİMİZASYONU**

Dünyamızdaki enerji kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle enerjiye olan talep hızlı bir şekilde artmaktadır. Fuel oil, mazot, doğal gaz ve elektrik maliyetlerinin 1970'lerdeki enerji krizinin ardından artmaya başlaması, enerji tasarrufu yanında ısı cihazlarda verim artırıcı çalışmalara önem verilmesine hız kazandırmıştır. Teknolojik gelişmeler ve hızla artan dünya nüfusuyla birlikte enerji tüketimi de sürekli artmaktadır. Enerji tüketimine olan bu büyük talep, ulusal harcamaları artırdığı gibi çevre kirliliği gibi sonuçları da beraberinde getirmektedir. Son yıllarda enerji verimliliğini artırmak için çok önemli çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, enerji kazanımı konusunda yapılacak çalışmalar için halen büyük bir potansiyel bulunmaktadır.

Bu çalışmada, ısı cihazlarda enerji kazanımının ve sistem verimliliğinin artırılabilmesi için kazanlarda farklı tip geciktirici kullanımı ve panel radyatörlerde de uygun kapak ve konvektör boyu kullanımı sonucu elde edilen veriler ekonomik olarak da değerlendirilmiştir. Ayrıca kombi ve ısı eşanjörlerinde verim artırıcı çalışmalara da yer verilmiştir.

Kazanlarda farklı tipte geciktiriciler kullanarak verimi artırmamız mümkün olmaktadır. Böylece sıcak duman gazlarının doğrudan bacaya verilmesi engellenmekte ve bu gazların kazan içinde daha fazla dolaşması ve türbülans oluşturması sağlanarak ısı verimliliği artırması hedeflenmektedir.

Radyatörlerde de uygun kapak kullanımı ve optimum konvektör boyunun panel radyatör ısı gücünü nasıl artırdığı irdelenmiştir. Çalışmamızda her uygulama için farklı deneyler yapılmış ve bulunan sonuçlar ekonomik açıdan da değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Enerji, Optimizasyon, Verimlilik, Kazan, Radyatör, Kombi, Isı Eşanjörü

ABSTRACT**OPTIMISATION OF BOILERS WITH THERMOECONOMIC ANALYSIS**

With limited energy sources, the world has been witnessing ever-increasingly growth of energy demand. However, as the cost of fuel oil, diesel, natural gas and electricity increased after the energy crisis in 1970, special attention was paid to improve efficiencies of thermal systems besides energy saving. The energy consumption parallel to consequences of technological developments and rapid increase of population is continuously increasing all over the world. Huge demand of energy consumption increases the national expenditures fairly as well as leading environmental pollution. Despite the enormous effort made over the last decades to improve the energy efficiency of these thermal systems, a huge potential for further energy saving still persists.

This study investigates the potential for energy saving and system efficiency in heating systems that can be achieved through improving boiler efficiency by using different kind of turbulators and improving radiator efficiency by using optimum covers and convector lengths. This potential is also examined through economic utilizations. Moreover, heat exchangers and wall-hung gas boilers are also studied for increasing efficiency of the thermal systems.

In order to increase the efficiency of boilers turbulators can be used. By this method hot gasses are not allowed to throw through chimney easily as well as they are twisted and turbulated inside the boiler much more. This method effects the efficiency and increases heating capacity of the boiler.

Furthermore, increase of efficiency of heating radiators is also achieved by means of using optimum covers and suitable convector lengths. In this study different experimental results are obtained for each application and obtained results are compared from economical point of view.

KEYWORDS: Energy, Optimisation, Efficiency, Cast Iron Boiler, Radiator, Wall-Hung Gas Boiler, Heat Exchanger

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
3.1 Enerji.....	7
3.2 Konfor.....	9
3.3 Verimlilik Kavramı, Tanımı ve Çeşitleri.....	15
3.3.1 Verimlilik Kavramı Giriş.....	15
3.3.2 Verimlilik Ölçülmesinin Genel Amaçları.....	16
3.3.3 Verimlilik Çeşitleri.....	19
3.3.3.1 Kısmi ve Toplam Verimlilik.....	20
3.3.3.2 Fiziki ve Paralel Verimlilik.....	23
3.3.3.3 Ortalama ve Marjinal Verimlilik.....	27
3.3.3.4 Girdilerin Ölçümüne Göre Verimlilik.....	28
3.3.3.5 Üretim (Çıktı) Kapsam ve Ölçümüne Göre Verimlilik.....	30
3.3.4 Safi Gayri Safi Hasıla.....	31
3.4 Isıl Cihazlarda Verimlilik.....	34
3.5 Merkezi Isıtma Sistemleri.....	39
3.5.1 Sıcak Sulu Isıtma Sistemleri.....	39
3.5.2 Pompalı Sıcak Sulu Isıtma Sistemleri.....	40
3.5.2.1 İki Borulu Pompalı Sıcak Su Sistemleri.....	40
3.5.2.2 Tek Borulu Pompalı Sıcak Su Sistemleri.....	44
3.5.2.3 Sirkülasyon Pompasının Yeri ve Basınç Dağılımı.....	45
3.5.3 Doğal Gaz Kazanları.....	47
3.5.3.1 Atmosferik Brülörlü Doğal Gaz Kazanları.....	48
3.5.3.2 Üflelemeli Brülörlü Doğal Gaz Kazanları.....	52
3.5.3.3 Kazanların Dönüşümü.....	58
3.5.4 Brülörler	58
3.5.4.1 Sıvı Yakıt Yakan Brülörler.....	59
3.5.4.2 Doğal Gaz Brülörleri.....	62
3.5.5 Genleşme Depoları	67

3.5.5.1 Açık Genleşme Depoları.....	67
3.5.5.2 Kapalı Genleşme Depoları.....	70
3.5.6 Borular.....	76
3.5.7 Kollektörler	78
3.5.8 Tesisat Malzemeleri.....	79
3.5.8.1 Globe Valfler.....	80
3.5.8.2 Radyatör Vanaları.....	81
3.5.8.3 Sürgülü Valfler.....	81
3.5.8.4 Küresel Valfler.....	82
3.5.8.5 Kelebek Vanalar.....	83
3.5.8.6 Çekvalfler.....	83
3.5.8.7 Pislik Tutucular.....	84
3.5.8.8 Emniyet Ventilleri.....	84
3.5.8.9 Ayar Vanaları.....	85
3.5.8.10 Ölçme Cihazları.....	85
3.5.9 Kazan Daireleri.....	87
3.5.9.1 Kazan Dairelerinin Yapımı.....	87
3.5.9.2 Isıtma Merkezi Planlaması.....	88
3.5.9.3 Kazan Dairesi Havalandırması.....	89
3.5.10 Dolaşım Pompaları - Sirkülasyon Pompaları.....	90
3.5.10.1 Dolaşım Pompaları Yapım Çeşitleri.....	90
3.5.10.2 Pompaların Seri ve Paralel Çalıştırılması.....	92
3.5.10.3 İkiz Pompalar.....	93
3.5.11 Merkezi Isıtma Sistemlerinde Otomatik Kontrol.....	94
3.6 Bireysel Isıtma Sistemleri.....	102
3.6.1 Duvar Tipi Kombi Cihazları.....	102
3.6.1.1 Cihazın Çalışma Prensibi.....	103
3.6.1.2 Çalışma Prensibine Göre Kombi Tipleri.....	110
3.6.1.3 Alev Ayarına Göre Kombi Tipleri.....	113
3.6.1.4 Ateşleme Sistemine Göre Kombi Tipleri.....	113
3.6.1.5 Kombinin Kullanıldığı Yerler ve Avantajları.....	114
3.6.1.6 Kombi Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	115
3.7 Isıtıcı Elemanlar.....	117
3.7.1 Çıplak Borular.....	117

3.7.1.1 Düz Borular.....	117
3.7.1.2 Kanatlı Borular.....	118
3.7.2 Radyatörler.....	119
3.7.2.1 Radyatörlerde Isının Yayılışı.....	119
3.7.2.2 Radyatörlerde Isıl Güç.....	120
3.7.2.3 Radyatörlerin Karşılaştırması.....	121
3.7.2.4 Radyatör Seçimi İçin Öneriler.....	123
3.7.2.5 Radyatörlerin Yerleştirilmesi.....	125
3.7.2.6 Radyatörlerin Bağlanması.....	126
3.8 Eşanjörler.....	126
3.8.1 Plaka Tipli Eşanjörler.....	131
3.8.2 Boru Demetli Eşanjör.....	131
3.8.3 Eşanjör Verimliliği Analizi.....	132
3.8.3.1 Toplam Isı Geçiş Katsayısı ve Kirlilik Faktörü.....	133
3.8.3.2 Ortalama Logaritmik Sıcaklık Farkı.....	133
3.8.3.3 Etkenlik-Transfer Birimi Sayısı.....	135
3.9 Deney Düzeneği, Ölçüm Yöntemleri ve Ölçüm Cihazları.....	138
3.9.1 Panel Radyatör Testleri Deney Düzeneği, Ölçüm Yöntemleri ve Ölçüm Cihazları.....	138
3.9.2 Döküm Kazan Testleri Deney Düzeneği, Ölçüm Yöntemleri ve Ölçüm Cihazları.....	145
3.10 Hata Analizi.....	147
3.10.1 Panel Radyatör Testleri Hata Analizi.....	147
3.10.2 Döküm Kazan Testleri Hata Analizi.....	148
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI (BULGULAR).....	149
4.1 Panel Radyatör Testi ve Verimliliğin Ekonomik Analizi.....	149
4.1.1 Panel Radyatör Testleri Deney No:1.....	155
4.1.2 Panel Radyatör Testleri Deney No:2.....	168
4.1.2.1 Kısa Konvektörlü Panel Radyatörün Testi.....	168
4.1.2.2 Uzun Konvektörlü Panel Radyatörün Testi.....	171
4.2 Döküm Kazan Testi ve Verimliliğin Ekonomik Analizi.....	174
4.2.1 Testi Yapılan Döküm Kazanın Detay Resimleri	185
4.2.2 Kazan Testleri.....	187

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	218
5.1 Panel Radyatör Testleri.....	218
5.1.1 Deney No:1 Analizi.....	218
5.1.2 Deney No:2 Analizi.....	219
5.2 Döküm Kazan Testleri.....	221
KAYNAKLAR.....	225
TEŞEKKÜR.....	228
ÖZGEÇMİŞ.....	229

SİMGELER DİZİNİ

- V_h : Yakma Havası Miktarı (Nm³/h)
 Q_k : Kazan Isıl Kapasitesi (kcal/h)
 V_e : Sistemde Genleşen Su Miktarı (lt)
 V_v : Sistem Soğukken Tankta Bulunan Su Miktarı(lt)
 P_o : Kapalı Genleşme Tankı Ön Basıncı (bar)
 P_e : Sistem İşletme Üst Basıncı (bar)
 V_a : Sistem Su Hacmi (lt)
 n : Sıcaklığa Bağlı Genleşme Katsayısı
 P_a : Emniyet Ventili Açma Basıncı (bar)
 P_e : Tesisatın Üst İşletme Basıncı (bar)
 P_k : Genleşme Deposu Konstrüksiyon Basıncı (bar)
 Q : Eşanjöre Transfer Edilen Isı (W)
 Q_{sog} : Sıcak Akışkanın Soğuması İçin Verilen Isı (W)
 Q_{sic} : Soğuk Akışkanın Isınması ile Alınan Isı (W)
 K : Eşanjörün Toplam Isı Geçiş Katsayısı (W/m²K)
 ΔT_m : Bütün Isı Eşanjöründe Etkili Ortalama Sıcaklık Farkı (°C)
 m : Kütlesel Debi (kg/s)
 c_p : Sabit Basıncıta Özgül Isı (j/kgK)
 T_g : Akışkan Giriş Sıcaklığı (°C)
 $T_ç$: Akışkan Çıkış Sıcaklığı (°C)
 C : Isıl Kapasite Debisi (W/°K)
 h_{fg} : Gizli Buharlaşma Isısı (j/kg)
 ε : Isı Eşanjörü Etkenliği
 K : Toplam Isı Transfer Katsayısı (W/m²K veya kcal/m²h°K)

- A : Toplam Radyatör Yüzey Alanı (m^2)
- ΔT_n : Boru İçindeki Akışkanın Ortalama Sıcaklığı ile Isıtılacak Ortam Sıcaklığı Arasındaki Fark ($^{\circ}C$)
- T_g : Akışkan Giriş Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
- $T_ç$: Akışkan Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
- T_m : Ortalama Su Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
- T_h : Oda Havası Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
- ϕ : Isıl Güç (W)
- ϕ_s : Standart Isıl Güç (W)
- ϕ_L : Modüler Isıl Güç (W)
- ϕ_o : Numune Radyatör İçin Referans Değer (W)
- ϕ_m : Numune Radyatörün Primer Ayarının Referans Değeri (W)
- ϕ_V : Elektriksel Isı Kaybı Metodu (W)
- P_{el} : Elektrik Gücü (W)
- T_r : Referans Oda Havası Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
- ΔT : Aşırı Sıcaklık (K)
- C_p : Özgül Isı Kapasitesi (J/kgK)
- H : Özgül Entalpi (J/kg)
- H_1 : Giriş Suyu Entalpisi (J/kg)
- H_2 : Çıkış Suyu Entalpisi (J/kg)
- Q_m : Su Debisi (kg/s)
- q_{ms} : Standart Su Debisi (kg/s)
- P : Basınç (kpa)
- P_{max} : Maksimum İşletme Basıncı (kpa)
- ΔP : Basınç Düşmesi (kpa)
- S_0 : Tekrarlanabilirlik Toleransı

- S_m : Deney Tesisinin Uyarlılık Toleransı
- H : Isıtma Cihazının Toplam Yüksekliği (m)
- H_r : Yükseklik Aralığı (m)
- L : Isıtma Cihazının Toplam Boyu (m)
- L_s : Isıtma Cihazı Dilim Uzunluğu (m)
- N_s : Isıtma Cihazı Dilim Sayısı
- R : Isıl Direnç (m^2K/W)
- t : Zaman Aralığı (s)
- B_0 : Yakıt Debisi ($kg/h, Nm^3/h$)
- H_u : Yakıt Alt Isıl Değeri ($kcal/kg, kcal/Nm^3$)
- η_k : Kazan Verimi (%)
- H : Baca Yüksekliği (m)
- Y_1 : Kazan Sıcaklığındaki Havanın Yoğunluğu (kg/m^3)
- Y_2 : Dış Sıcaklıktaki Havanın Yoğunluğu (kg/m^3)
- F : Baca Kesiti (m^2)
- Q_h : Kazan Isı Yüğü (W)
- Z_R : Kazan Isı Yüğü Artırım Katsayısı
- A_K : Kazanın Metrekare Cinsinden Alanı (m^2)
- K_K : Kazanın Birim Isıtma Yüzeyine Düşen Isıl Güç (W/m^2)
- T_{baca} : Baca Gazı Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
- P_{baca} : Baca Çekişi (mbar)
- $P_{yanma odası}$: Yanma Odasına Giriş Gaz Basıncı (mbar)

SEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1. Alttan Dağıtım Alttan Toplamalı Sistem.....	41
Şekil 2. Üstten Dağıtım Alttan Toplamalı Sistem.....	42
Şekil 3. Üstten Dağıtım Üstten Toplamalı Sistem.....	43
Şekil 4. Pompa Dönüşte.....	45
Şekil 5. Pompa Gidişte.....	45
Şekil 6. Atmosferik Brülörlü Kazan.....	49
Şekil 7. Dökme Dilimli Üflelemeli Brülörlü Kazan.....	53
Şekil 8. Üç Geçişli Döküm Kazan Dilimi Örneği.....	54
Şekil 9. Çelik Gövdeli Sıcak Su Kazanı.....	56
Şekil 10. Sıvı Yakıt Brülörü.....	59
Şekil 11. Üflelemeli Gaz Brülörü.....	63
Şekil 12. Multiblok Gaz Hattında Bulunan Ekipmanlar.....	65
Şekil 13. Kapalı Genleşme Deposu.....	71
Şekil 14. Islak Rotorlu Sirkülasyon Pompası.....	91
Şekil 15. Kazan Otomatik Kontrol Panosu Örneği.....	94
Şekil 16. Tek Kazanlı, Direkt Isıtma Devreli, Boylerli Sistem Örneği.....	96
Şekil 17. Tek Kazanlı, 3 Yollu Motorlu Vanalı, Boylerli Sistem Örneği.....	97
Şekil 18. 2 Adet 3 Yollu Motorlu Vanalı, Resirkülasyon Pompalı, Güneş Enerjili, Boylerli Sistem.....	98
Şekil 19. 2 Kazanlı, 1 Karışım ve 1 Direkt Isıtma Devreli, Boyerli Sistem Örneği.....	99
Şekil 20. 2 Kazanlı, 3 Karışım ve 1 Direkt Isıtma Devreli, Boylerli ve Güneş Enerjili Sistem Örneği.....	100
Şekil 21. 2 Kazanlı, 2 Karışım ve 1 Direkt Isıtma Devreli, 1 Uzak Bölge Isıtım, Boylerli ve Güneş Enerjili Sistem Örneği.....	101
Şekil 22. Kombi Cihazı Kalorifer Isıtma Devresi Durumunda Çalışma Sistemi...	104
Şekil 23. Kombi Cihazı Kullanım Suyu Devresi Durumunda Çalışma Sistemi...	105
Şekil 24. Bacalı Kombi Komponentleri.....	110
Şekil 25. Hermetik Kombi Komponentleri.....	111
Şekil 26. Yoğuşmalı Kombi Komponentleri.....	112
Şekil 27. 3*12 kg LPG Tüplü Bağlantı Şeması.....	115

Şekil 28. Isı Geçiş Yüzeyi Sıklığının Tanımı.....	128
Şekil 29. Konstrüksiyon Türüne Göre Gövde Boru Tipi Eşanjörler.....	130
Şekil 30. Plaka Tipi Eşanjörler.....	131
Şekil 31. İççe İki Borulu Isı Eşanjöründe Tipik Sıcaklık Dağılımları.....	134
Şekil 32. Panel Radyatör Testi Deney Düzeneği.....	144
Şekil 33. Kazan Testi Deney Tertibatı.....	145
Şekil 34. Baca Gazı Ölçüm Cihazı.....	146
Şekil 35. 22/600/60 Tip Panel Radyatörün Rejime Girerken Termal Kamera Görüntüleme Yöntemiyle Çekilmiş Fotoğrafları.....	152
Şekil 36. Testi Gerçekleştirilen Panel Radyatörde Kullanılan 4 Ayrı Kapak Formu.....	155
Şekil 37. Panel Radyatör Konvektörlerinin Üstten Görünüşü.....	168
Şekil 38. Kazanlarda İç Soğumaya Neden Olan Hava Sirkülasyonu.....	181
Şekil 39. Test Edilecek Kazanın Montaj Resmi.....	185
Şekil 40. Test Edilecek Kazanın Sac Aksamı Montaj Patlamış Resmi.....	186
Şekil 41. Döküm Kazan Dilimi 3 Geçiş Prensibi.....	190
Şekil 42. 2. ve/veya 3. Geçişlere Konulan Yay Tipi Geciktirici Model.....	190
Şekil 43. Cehennemlikte Kullanılan Kovan Tipi Geciktirici.....	190
Şekil 44. Termal Kamera ile 2 No'lu Test Brülör Kapısı Sıcaklık Ölçümü Değerleri.....	194
Şekil 45. Termal Kamera ile 3 No'lu Test Brülör Kapısı Sıcaklık Ölçümü Değerleri.....	196
Şekil 46. Termal Kamera ile 4 No'lu Test Brülör Kapısı Sıcaklık Ölçümü Değerleri.....	199
Şekil 47. Termal Kamera ile 5 No'lu Test Brülör Kapısı Sıcaklık Ölçümü Değerleri.....	201
Şekil 48. Termal Kamera ile 6 No'lu Test Brülör Kapısı Sıcaklık Ölçümü Değerleri.....	203
Şekil 49. Termal Kamera ile 7 No'lu Test Brülör Kapısı Sıcaklık Ölçümü Değerleri.....	205
Şekil 50. Termal Kamera ile 8 No'lu Test Brülör Kapısı Sıcaklık Ölçümü Değerleri.....	209
Şekil 51. Termal Kamera ile 9 No'lu Test Brülör Kapısı Sıcaklık Ölçümü Değerleri.....	211

Şekil 52. Termal Kamera ile 10 No'lu Test Brülör Kapısı	
Sıcaklık Ölçümü Değerleri.....	217
Şekil 53. Panel Radyatör Kesiti.....	219

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Panel Radyatör Testleri Ölçüm Parametreleri, Cihazların Hassasiyetleri ve Ölçüm Aralığı.....	147
Çizelge 2. Döküm Kazan Testleri Ölçüm Parametreleri, Cihazların Hassasiyetleri ve Ölçüm Aralığı.....	148
Çizelge 3. DemirDöküm Panel Radyatör n Katsayıları ve Fiziksel Özellikler.....	151
Çizelge 4. 80/60 °C Giriş Çıkış Suyu Sıcaklıklarında Panel radyatör, Döküm Radyatör, Banyopan Ürünlerindeki Isıl Güç Tablosu.....	153

BÖLÜM I

GİRİŞ

Enerji, hayat kalitemizi iyileştiren en temel faktörlerden biridir. Günümüzde üretimin ana unsuru olan enerjinin tüketimi sürekli artmaktadır. 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi ve dünyada yaygın şekilde kullanılan kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıt rezervlerinin 2050 yılından itibaren hızla tükeneyeceği gerçeği, fiyatlarındaki artış ve çevreye olan olumsuz etkileri yeni enerji kaynakları arayışlarına ve mevcut kullanımlarda da tasarruf sağlayacak yeni proje ve çalışmalara zemin oluşturmaktadır.

Enerji tasarrufu amacıyla yapılan çalışmaların yanı sıra konfor unsuru da ön plana çıkmaktadır. Konfor, bir ortamda bulunan insanların çoğunluğunun hoşnut olmasıdır. Konforu etkileyen sıcaklık, nem, havanın hızı, debi, iç hava kalitesi, ışınım, yayınım, aydınlık şiddeti, gürültü seviyesi parametrelerin dikkatlice irdelenerek ortamın uygun şekilde tesis edilmesi gerekmektedir.

Verimlilik, mümkün olan en düşük kaynak harcaması ile en yüksek sonuca ulaşmaktır. Ekonomik açıdan verimlilikten kasıt, üretim sürecinden çıkan ile üretim sürecine girmiş olan, yani çıktı ile girdiler arasındaki ilişkidir. Bu anlamda daha önce üretim sürecinde kullanılmış miktar ve nitelikte enerji, mal ve hizmet bugün öncekine göre daha fazla enerji, mal ve hizmet üretiyorsa verimlilik artmış demektir.

Isıl cihazlarda verimlilik; ısı cihazdaki enerji girdisinin enerji çıktısına olan oranıdır. Zaman içinde yapılacak olan yakıt ve bakım masrafları ısı cihazlara yapılacak yatırımın en büyük kısmını oluşturur, bu nedenle verimliliği artırıp, emisyonları ve yakıt tüketimini azaltan seçenekleri değerlendirmeye almak mantıklı olacaktır. Bazen **yanma verimliliği** veya **termal verimlilik** olarak da bahsedilen ısı cihaz verimliliği, kullandıkları ölçümleme yöntemleri ve güvenilirlikleri açısından büyük ölçüde değişiklik gösterirler.

Yanma verimliliği, gerçekten de brülör verimliliğini belirleyici bir unsurdur ve yanmamış yakıt miktarı ile kaçarak çıkan fazla havanın ölçülenmesiyle saptanır.

Termal verimlilik ise yanma işleminden elde edilen ısıyı kazandaki su veya buhara nakletmek için kullanılan ısı eşanjörünün sahip olduğu verimlilik ölçümüdür.

Isıl cihazlarda verimliliği etkileyebilecek en önemli unsurlar şu şekilde sıralabilir:

- Artırılmış ısı yüzeyine sahip optimum tasarım
- Isıl cihazda meydana gelebilecek ışınlım ve konveksiyonel kayıplar
- Hava ayarı
- Emisyon oranlarının tutturulması
- İç soğuma kayıpları
- Baca gazı sıcaklıkları
- Periyodik bakımlar
- Isıl cihaza dolaylı olarak etkide bulunan sistemin diğer komponentleri

Isıtma sistemleri uygulama şekline göre bireysel, merkezi ve bölgesel ısıtma sistemleri olarak sınıflandırılmaktadır. Isıtıcı akışkan olarak sıcaklığı 110°C değerinin altında olan sıcak su kullanılmaktadır. Ancak uygulamalarda genellikle 90°C değeri aşılmaz. Sıcak su kazanında üretilen sıcak su; borularla, ısıtılacak hacimlere yerleştirilmiş radyatör, konvektör, hava apareyi gibi ısıtıcı elemanlara taşınır. Bu ortamda ısını oda hacmine bırakan sıcak su soğuyarak ısıl cihaza geri döner.

Sistemde suyun dolaşımı sirkülasyon pompaları ile sağlanır. Tesisatta mevcut suyun ısıtılması sırasında artan hacim, genleşme tankı adı verilen kaplarda depolanır ve suyun soğumasını takiben genleşme tankında depolanan su tekrar tesisata verilir. Sirkülasyon pompalarının kapalı sistemlerde özellikle gidiş hattına konulması önerilmektedir.

Isıtma Sistemlerinde otomatik kontrol sistemleri ile yönetilmesi durumunda dış hava ve iç ortam sıcaklığına göre kazan çıkış suyunun, yani tesisata giden suyun sıcaklığı otomatik olarak belirlenir. Doğal gaz ve sıvı yakıtta çok yüksek oranda (% 25-40) ekonomi sağlanır. Akıllı binalar adı verilen yüksek otomasyonlu sistemlerle de (güvenlik, yangın alarm, kamer,vs.) entegrasyonu mümkün olabilmektedir.

BÖLÜM II

BÖLÜM KAYNAK ARAŞTIRMASI VE KURAMSAL BİLGİLER

Isıl cihazlarda verimlilik artışının sağlanabilmesi, özellikle enerji ihtiyacının hızla artacağı önümüzdeki yıllarda üzerinde titizlikle durulacak, birçok makale ve tezlere de konu olacak önemli bir kavramdır. Şu ana kadar bu konu da yapılmış özverili birçok çalışma, enerji verimliliği konusunun bütünü değerlendirildiğinde buz dağının sadece görünen kısmı olarak kalmaktadır. Enerji verimliliği konusunda birçok çalışmaya imza atılmakta, özellikle son zamanlarda alternatif enerji kaynakları üzerinde yapılan çalışmalara da hız verilmektedir.

Yiğit ve ark. (2004) Isı Transferi eserinde ısı transferi ve enerji kavramları üzerinde durulmuştur. Hayatın bir parçası ve yaşamın devam etmesi için son derece önemli olan Isı Transferi teknolojinin her yerinde ve safhasında çok önemli olan bir bilim dalı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dağsöz (1998) Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı kitabında; Merkezi Sistemler ve Bireysel Isıtma Sistemleri, sistemi meydana getiren elemanların kullanım yerleri, çalışma şekilleri, teknik özellikleri, yanma denklemleri, sistemin verimini artırmak için yapılması gereken çalışmalar örnekli açıklamalarla verilmiştir.

Küçükçalı (2000) Isıtma tesisatı notlarında ısıl cihaz verimliliğinin önemini belirtmiştir. Kazanlarda ekonomi sağlayabilmek için hava fazlalığı mümkün mertebe düşük tutulmalıdır. Duman gazı ile temasta olan yüzeylerde korozyon hasarlarını önleyebilmek için kazanda konstrüktif önlemlerin alınması gerekmektedir. Duman gazlarına girdap hareketi veren sac parçalar ısı transferini iyileştirebilmektedir. Ancak bu sayede duman gazı akış dirençlerinde de bir artış gözükmemektedir. Atmosferik brülörlü kazanlarda bu husus istenmeyen bir durum olurken, üfleli brülörlü kazanlarda verim artışına etki eden önemli parametrelerden biri olmaktadır.

Arısoy (1991) Eskişehir'de yapılan Isı Bilimi ve Tekniği 8.Ulusal Kongresi'nde kalorifer kazanlarında otomatik kontrol yardımıyla verim artışını incelemiştir.

Taborianski ve ark. (2003) Isıtma Sistemlerinden atılan gazların atmosferde açtığı tahribat ve emisyonlarla ilgili standartlar konusunda yapılan çalışmalara yer vermiştir.

Özsarfati (2006) Brülörler ve Dijital Yanma Teknolojisi adlı makalesinde brülörlerin konveksiyonel ve dijital olarak kontrolünde yanmaya olan etkileri detaylı bir şekilde irdelemiştir.

Buck (2005) Avrupa Komisyonu tarafından kabul edilen ve üye ülkelerde yürürlüğe girecek olan Binaların Enerji Performansı & Enerji Son Kullanım Verimliliği & Enerji Servis Yönergelerinin Almanya'da işleyeceği yapının kurulumunu ve 17 yıldan eski ısıtma sistemlerinin yenileneceği tasarımı detaylı şekilde aktarmıştır.

Hamitoğulları (1991) kontrol sistemlerinin yakıt ekonomisine etkisi ile ilgili bir tez çalışması yapmıştır.

HPAC (2004) Kazanlarda Verimliliği artırma ve emisyonları kısma konusunda yapılan çalışmalar ve geliştirme çalışmalarının yanı sıra çevre dostu ısıtma sistemleri arasında güneş enerjili ve jeotermal enerjili teknolojiler içeren uygulamalar ile çeşitli boy ve şekillerde değişik uygulamalar konusu üzerinde durulmuş ve çarpıcı örnekler verilmiştir.

Kaya (2004) Ticari Binalarda Enerji Tasarrufu ve Konfor Sorunlarının Çözümü konulu makalesinde, Otomatik Kontrol Sistemleri ile Enerji Tasarrufu, farklı mahal kontrol uygulamaları ve konfor kavramlarından bahsedilmiştir.

BÖLÜM III

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kazan, radyatör ağırlıklı olmak üzere ısıtma cihazlarının verimliliklerini artırmak amacıyla önerilerde bulunulmuş, çalışma sistemleri incelenerek verim artırıcı faaliyetlerde bulunulması sağlanmıştır. Kazanlarda; merkezi sistem dökme dilimli düşük sıcaklık kazanları, kombilerde; çift eşanjörlü kombi, ısı eşanjörlerinde; plaka tipi ısı eşanjörleri, radyatörlerde; panel radyatör ürünleri üzerinde durulmuştur.

Seçilen bu ısıtma cihazlarının verimlilikleri incelenmeden önce enerji, konfor ve verimlilik kavramları üzerinde durulmuştur. Verimlilik kavramı Bölüm 3.3'de öncelikle ekonomi kuramı açısından irdelenmiş ve Bölüm 3.4'de de ısıtma cihazlarının verimliliği hususu ele alınmıştır. Bölüm 3.5'de Merkezi Isıtma Sistemleri, Bölüm 3.6'da da Bireysel Isıtma Sistemleri ve bu sistemi oluşturan komponentler ve ısıtıcı elemanlar konusunda detaylı bilgi verilmiştir. Verim artırmak amacıyla panel radyatör ve döküm kazan ürünleri üzerinde değişik testler yapılmış ve elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

“TS EN 442-2/Mart 1998 Panel Radyatörler” standardı gereği panel radyatör ısıtma güçleri test edilirken 30-50-60⁰C aşırı sıcaklık değerlerinde test edilmiştir. Bu testler sonucu elde edilen değerler; Isıtma gücü - Aşırı sıcaklık diyagramı üzerinde regresyon yapılarak ilgili panel radyatörün ısıtma gücü değerine ulaşılmıştır. Değişik kapak tipleri ve farklı uzunlukta konvektörler kullanılarak optimum Isıtma Verim / Maliyet değerlerine ulaşılmıştır. Bölüm 3.9.1'de Panel Radyatör Testleri, kullanılan deney tesisatı ve deney sırasında izlenen yöntemler detaylı olarak açıklanmıştır.

Döküm Kazan testleri ise “TS EN 303 - 1/2/3 Merkezi Isıtma Kazanları-Sıvı ve Gaz Yakan - Kazan Gövdesi ve Cebri Çekişli Brülörden Meydana Gelen Sistemler” standardına uygun olarak yapılmıştır. Kazan testleri sonucunda temel olarak baca gazı değerleri ayrıca yanma ve cihaz verimi bilgilerine ulaşılmıştır. Sıcaklık sensörleri olarak PT 100, basınç algılayıcı olarak 0-10 bar basınç algılayıcılar kullanılmıştır. Sensörlerden ve debimetrelerden gelen

sinyaller, bilgisayar kasası dışında bulunan analog ve dijital sinyal toplayabilen veri toplama kartına iletilmiştir. Daha sonra toplanan bu sinyaller dahili PCI karta yollanmış ve sinyaller bilgisayar ortamına bir veri olarak aktarılmıştır. Bacadan atılan gazlar ve baca gazı sıcaklıkları da baca gazı analizörleri ile ölçülmüştür. Bölüm 3.9.2’de Döküm Kazan Testleri ve kullanılan deney tesisatı, deney ekipmanları ve ölçüm cihazları tanıtılarak deney sırasında izlenen prosedüre yer verilmiştir.

Yapılan deneyler sırasında kullanılan ölçüm cihazları belli hassasiyet değerlerine sahip olduğundan ölçülen her değer belli bir miktar hata içermektedir. Bu cihazların oluşturduğu toplam hatayı belirlemek için panel radyatör ve döküm kazan deneyleri sonunda toplam hata miktarı minimum ve maksimum sınırlar içerisinde belirlenmiş ve “Panel Radyatör Testlerinde Hata Analizi” ve “Döküm Kazan Testlerinde Hata Analizi” başlıkları altında verilmiştir.

3.1 ENERJİ

Günlük yaşantımızda faydalandığımız bazı kelimeler, anlamı tam olarak ifade edilemediği halde kullanılır. “**Enerji**” bu kelimelerden biridir. Günlük kişisel konuşmalarda, çeşitli yazılarda ve medyada; maliyetini, kullanılabilirliğini, cinsini kullanım alanını ve dönüşümü tartışılarak bu kelime kullanılır.

Enerji, iş yapma yeteneğidir.

Farklı enerji çeşitleri olduğundan, enerji kelimesi bu farklılığı belirtmek üzere genelde bir sıfatla kullanılır. Elektrik enerjisi, nükleer enerji, kimyasal enerji, jeotermal enerji, kinetik enerji ve güneş enerjisi günlük yaşantımızda tanıdık olduğumuz terimlere örnek olarak gösterilebilir. Enerjinin iş yapmada kullanıldığı yaygın olarak bilinmektedir. Fakat enerji, ısı ve iş arasındaki ilişki çoğu zaman, özellikle uzman olmayan çevrelerce net olarak bilinmediğinden yanlış değerlendirmelere neden olmaktadır. Enerjiyi ölçmek için en yaygın olarak kullanılan birim JOULE adını verdiğimiz birimdir. Bu birim 1818-1889 yılları arasında yaşamış İngiliz bilim adamı James Prescott Joule'un anısına JOULE olarak adlandırılmıştır. 1 JOULE, 2 kilogramlık bir cismin 1 metre/saniye hızla hareket ettiği sırada sahip olduğu kinetik enerji (hareket enerjisi) miktarına eşit bulunmaktadır.

Yiğit ve ark. (2004) ısı ve sıcaklık terimlerinin çoğu zaman yanlış yerde ve yanlış anlamda kullanıldığını ifade etmiştir. Enerjinin değişik şekilleri olan **iş** ve **ısı** ile ilgilenen özellikle enerjinin dönüşüm kanunlarını inceleyen bilim dalı Termodinamik'tir. Isı ve iş, enerjinin geçiş formu olarak tanımlanmaktadır. Çünkü bunlar sadece iki sistem yada bir sistem ve çevresi arasında enerji alışverişi olması, yani bir sistemdeki enerji formu (Örneğin kinetik enerji, potansiyel enerji, iç enerji, akış enerjisi, kimyasal enerji,vb.) diğer sistem yada çevrede bir enerji formuna dönüşmesi durumunda mevcuttur. Böyle bir enerji transferi kütle transferi ve sıcaklık farkı olmadan sistem sınırlarının değişmesi şeklinde gerçekleşiyorsa, enerji transferinin iş formunda gerçekleştiği söylenir. Diğer yandan alışveriş sıcaklık farkı nedeniyle ise, enerjinin ısı olarak transfer edildiği söylenir. Diğer bir deyişle sıcaklık farkı nedeniyle gerçekleşen enerji nakline ısı (geçiş) transferi denilmektedir. Bir sıcaklık farkının bulunmasının enerjinin ısı şeklinde tanımlanmasında ayırt edici bir özellik olduğuna dikkat

edilmelidir. Burada yeri gelmişken ısı ve sıcaklık arasındaki farkı da açıklamak yerinde olacaktır. Isı, vektörel bir büyüklüktür. Yani yönü, doğrultusu ve büyüklüğü vardır. Sıcaklık ise skalar bir büyüklüktür. Yani herhangi bir aletle ölçülen ve bir bölgedeki enerji seviyesi hakkında bilgi veren bağıl bir değerdir. Sıcaklık ölçümü için kullanılan termometreler farklı tip ve yapıda olabilmektedirler.

Her çeşit ısıtma, soğutma, iklimlendirme ve havalandırma uygulamalarında ısı transferi bilgisi temel oluşturmaktadır. Konfor soğutması ve ısıtmasında ısı transferinin önemi açıktır. İnsanların faydalanacağı her çeşit bina yapısı ve hatta taşıt dizaynlarını ısı transferi etkilemektedir.

Dünya enerji tüketiminin % 82'sinin ısıtma amacıyla kullanılması gerçeği ısıtılan mahalde yapılacak enerji tasarrufunu daha da önemli kılmaktadır. Binalarda gerekli ısı yalıtımlarının yapılmasıyla % 25-50 arasında yakıt tasarrufu sağlanabilmektedir. Bir yapıdaki ısı kayıplarının % 10'u döşemelerden, %10-25'i pencerelerden, %30-60'ı duvarlardan ve % 25'i de tavan ve çatılardan olmaktadır. (1)

Günümüzde, enerji çok önemli bir konu olmakla beraber enerjinin üretilmesi, nakledilmesi ve kullanılması da başlı başına mühendislik uygulamalarını içeren komplike bir işlemdir. Enerjinin verimli bir şekilde tüketilmesi kadar, enerjiyi üretmek için kullanılacak kaynakların da verimli bir şekilde kullanılması çok önemlidir. Çünkü, enerji = ekonomi'dir. Ülkelerin sosyo ekonomik potansiyelleri, sahip oldukları enerji kaynakları ve bu kaynakların verimli kullanılmaları ile doğru orantılıdır. Bu bağlamda şu an hemen hemen tüm sanayi uygulamalarında kullanılan kazan ve brülör sistemleri, enerji kaynağı olan yakıtları (kömür, fueloil, doğalgaz vs.) kullanarak, enerji (ısı, buhar, elektrik vs) üreten sistemlerdir. Fabrikaların, bu enerjiyi en düşük maliyetle elde etmeleri, fabrika giderlerini minimuma indirmek için hayati bir önem arz etmektedir. Bu işlemin özünde ise enerji kaynağı olan yakıtların, bilimsel açıdan ideal yanmalarını sağlayarak, kayıpsız bir şekilde yakıtı enerjiye dönüştürmeleri yatar. Teoride kayıpsız enerji kazancı mümkün olsa da, pratikte bu mümkün değildir ve mutlaka kayıplar oluşacaktır. Yapılması gereken ise bu kayıpları hassas bir şekilde ölçüp minimuma indirerek, enerji elde etmektir.

1) [http:// www.eie.gov.tr/downloads/files2.htm](http://www.eie.gov.tr/downloads/files2.htm)

3.2 KONFOR

Saraçoğlu ve ark. (2003) konforu bir mahalde bulunan topluluktaki çoğunluğun mutluluğu olarak tanımlamıştır. Konfor birbirini etkileyen birçok değişkenden oluşur. Bunlardan biri sıcaklıktır. Bağıl nem, havanın hızı, havanın kalitesi, debi, çevrim sayısı, iç hava kalitesi, radyasyon, yayılım, aydınlık şiddeti ve gürültü seviyesi, konforu etkileyen parametrelerden en önemlileridir. İnsanın, değişen ortam şartlarına uyum sağlayabilmesine karşın, kendisini en hoş hissettiği belirli bir aralık yani konfor aralığı vardır. Bu aralık için kesin sınırlar çizmek zordur. En önemli unsurlardan biri havanın sıcaklığı ve homojenliğidir. Hava sıcak veya soğuk olabilir, ancak eğer homojen değilse konforsuzluk yaratabilir. Havanın nemi, hareketi ve çevreyi kuşatan duvarların ya da camların sıcaklığı diğer unsurlardır. Aynı ortamda, bu unsurlardan birinin değişmesi konforu etkiler. Çalışanlara, işçilere göre, aktivite arttıkça, spor yaptıkça da konfor alanı değişir. Mesela sıcaklığın daha aşağılara çekilmesi gerekebilir. Binadaki duvarlar soğuksa bu konforsuzluktur. Duvarla çevresinin arasındaki duvar sıcaklığının minimum 16⁰C olması ve mümkünse mahal sıcaklığına yakın olması lazım. Sürekli kullanımda olmasa da terk ettiğiniz yerin 16 derecenin altına düşmemesine dikkat etmek gerekir.

Nemden neden etkileniyoruz?

Ashrea (2003) ortamın havasındaki nemle iletişim halinde olduğumuzu belirtmiştir. Nem, bizim için önemlidir. Bağıl nemin konfor sınırı, % 35-70 olarak kabul edilebilir. Soğuk olursa, nemi otomatikman yükseltmeye çalışacağız ki vücudumuzda buharlaşma azalsın. Sıcak olursa, düşürmeye çalışacağız ki buharlaşma artsın. Bağıl nem % 35'in önemli oranda altına düşerse, elbiselerin ve halıların kuruması nedeniyle elektriksel yüklenme olur. Dudaklarda kuruma, gırtlakta yanma hissi oluşturur. Bu da konforsuzluğa neden olur. Bu nedenle de nemlenme sınırları önemli bir konudur. Konforumuz için ticari binalarda birçok teknik ve teknolojik sistem vardır. Binalardaki teknik ve teknolojik sistemler olarak ısıtma soğutma havalandırma, elektrik tesisatı, aydınlatma, yangın ihbar-koruma sistemi, güvenlik sistemi, bina otomasyon sistemi, haberleşme sistemleri, enerji izleme ve yönetim sistemi ve bilgisayar network sistemleri sayılabilir. Isıtma sistemlerinin alt başlıklarını sıralamak istersek, kazan, kombi,

boyler, eşanjör, radyatör, ısıtma serpantini, fan coil ve elektrikli ısıtıcılardır. Soğutma sistemlerinin alt başlıkları ise, hava soğutmalı soğutma grubu ve su soğutmalı soğutma grubu vb. olarak sıralanabilir.

Konforu Etkileyen Parametreler Nelerdir?

Ashrea (2003) aşağıda belirtilecek parametrelerin birbirine bağlı ve etkileşim içinde olduğunu belirtmiştir. Örneğin, düşük hava hızında belli bir sıcaklık miktarı rahatsızlık vermezken hava hızı artırıldığında üşüme hissi uyandırabilir.

Konforu etkileyen parametrelerden en önemlileri

- Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$ / $^{\circ}\text{F}$),
- Nem (%BN / %RH),
- Hava hızı (m/sn),
- Debi (m^3/saat / lps),
- Çevrim sayısı (adet),
- İç hava kalitesi (ppm CO_2 / %VOC),
- Işınım-radiation,
- Yayınım-convection,
- Aydınlık şiddeti (Lux / Footcandle),
- Gürültü Seviyesi (dB).

İnsanın, değişen dış hava şartlarına uyum sağlayabilmesine rağmen kendisini en iyi hissettiği belirli bir aralık, yani konfor aralığı vardır. Bu aralık için kesin sınırlar çizmek zordur. Belirli şartlar altında, insanın termik olarak kendisini en konforlu hissettiği durumda etrafı çevreleyen yüzey sıcaklığının ve hava durumunun mutlak ortalama değerini vermek mümkündür. Bunun yanında, elbiseden ve faaliyetten başka, termik konfor için önemli olan hava durumunun ve çevrenin özellikle şu dört elemanı bulunmaktadır.

- Hava sıcaklığı ve homojenliği,
- Hava nemi,
- Hava hareketi,
- Çevreyi kuşatan yüzeylerin sıcaklıkları.

Bunun yanında, hava durumunu karakterize eden havanın temizliği, kokusu, elektriksel durumu vb. faktörler de söz konusudur. Cilt sıcaklığı 33°C nin altına düşerse üşüme başlar. Pratikte kulak zarı sıcaklığına eşit olan ana beyin sıcaklığı, 37 °C' nin üstüne çıkarsa terleme olayı başlar. Şayet bu eşik değerleri aşılmazsa termik konfor meydana gelir.

Oda Havası Sıcaklığı

Sağlıklılar, normal giyinmiş, oturan ve bedensel bir faaliyette bulunmayan bir insan için Orta Avrupa ikliminde önceleri 18-20°C 'lik hava sıcaklığını konforlu olarak belirlerken şimdi, yaz için 22-24°C' lik iç hava sıcaklığını kışın ise genel olarak 22°C' lik hava sıcaklığını uygun görmektedirler. Sıcak günlerde kısa süreli bulunulan, soğutulan ortamlar için sıcaklığın, dış sıcaklık ile 20°C' nin ortalarında bir değerde tutulması tavsiye edilir. Genç insanlara daha düşük bir sıcaklık yeterken (kışları 18°C), yaşıllı insanların bulunduğu odaların biraz daha sıcak tutulması gerekir. Yatak odaları genel olarak daha düşük sıcaklıklarda, yaklaşık 15-18 °C aralığında tutulmaktadır. Oda içinde sıcaklığın aynı ölçüde kalması önemlidir. Bütün ısıtılan odalarda ısıtma sisteminin tipine göre, radyatörün konumuna, büyüklüğüne ve sıcaklığına, ayrıca dış sıcaklığa göre gerek düşey yönde ve gerekse yatay yönde sıcaklık farkları bulunur. Bu sıcaklık farkları, bina duvarlarının daha iyi şekilde izolasyonunun yapılması ve pencerelerin sızdırmazlığının sağlanması ile düşer.

Duvar Sıcaklığı

Bina ısıtmasında duvar sıcaklığının istenilen değerlerde korunması oldukça önemlidir. En düşük dış sıcaklıkta bile 16°C' lik bir duvar sıcaklığının altına inilmemesi gerekir. Isı izolasyonunun kötü olması durumunda oda içinde insanın duruş yeri ve radyatörün konumu, duvar sıcaklığının etkisi bakımından çok önemlidir. Taban, tavan ve duvar ısıtmaları olarak bilinen yüzey ısıtma sistemlerinde, duvar sıcaklığı konusu oldukça önemlidir. Yerden ısıtma sistemlerinde, sürekli içinde bulunulan odalarda 27°C'den daha yüksek olan yüzey sıcaklığı hoşnutsuzluk oluşturur. Ancak ara sıra kullanım yerleri için 29°C' ye kadar izin verilmiştir. Üzerinden geçilmeyen yüzeylerde yaklaşık 35°C' ye

kadar çıkan sıcaklıklara izin verilmiştir. Tavandan ısıtma sistemlerinde insanın başının üstünde yayılan ısının 12 W/m^2 'yi aşmaması gerekir. Oda ne kadar alçak olursa, ortalama tavan sıcaklığının da o kadar az olması zorunluluğu vardır. 3 m' lik oda yüksekliğinde en fazla 35°C ' lik sıcaklığa izin verilir.

Hava Nemi

İnsan vücudunun ısınması kısmen cildin buhar yaymasına da bağlı olduğundan hava neminin konfor üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Buharlaştırmanın şiddeti, cilt yüzeyindeki su ile hava içindeki su buharının buhar basınç farkına bağlıdır. Havanın nemi bağıl nem, çöğlenme noktası da nemli sıcaklık kavramları ile tanımlanabilir. Klima teknolojisinde izin verilen nemin alt sınırı % 35, üst sınırı % 70 kabul edilir. Alt sınırın % 30 alınması da tavsiye edilebilir. Kış mevsiminde ısıtılan ortamlarda genelde meydana gelen yaklaşık %35' in altındaki nemde, elbisenin, halıların vb. kurumaması nedeni ile solunum organlarını tahriş eden amonyak ve diğer gazların meydana geldikleri görülmüştür. Her türlü sentetik maddeler, kuru havada elektriksel olarak yüklenirler ve toz parçacıklarını toplarlar. Bu nedenle bu değer kişinin duyarlı olduğu bir durumda çok soğuk havada farklılaşırsa, kış mevsiminde ortam havasının neminin % 35' lik bir minimum değerinin üzerinde olması tavsiye edilir. Yapılan diğer incelemeler havanın yüksek neminin üşüme tehlikesini azalttığını göstermektedir. Yüksek oda sıcaklıklarında odanın nemi, cilt buharlaşmasının şiddetli bir şekilde yükselmesinde büyük rol oynar. Özet olarak, nemin insanın konforlu bir durumda bulunmasının üzerinde yaptığı etki hakkında, 26°C 'ye kadar çıkan yüksek oda sıcaklıklarında nemin % 55 düzeyine düşürülmesi gerekirken 20°C ile 22°C 'lik normal sıcaklıkta nemin % 35 ile %65 sınırlarının arasında tutulması gerekir.

Hava Hareketi

Hava hareketinin nemin üzerinde oldukça büyük bir etkisi bulunmaktadır. Şayet hareket eden hava, oda havasından daha düşük bir sıcaklığa sahip ve özellikle belirli bir yönden insan vücudunun bir tarafına isabet ederse, konfor oldukça bozulur. Bu durumda hava cereyanı söz konusu olmaktadır. Bu

cereyan, gürültünün yanında havalandırma ve klima tesisatları ile ilgili olan memnuniyetsizliğin en sık görülen nedenidir. Isıtılan veya havalandırılan bir ortam içinde genelde sabit hava akımının bulunmadığı bir zorluk ortaya çıkmaktadır. Odanın her yerinde, sıcaklık farklarının ve taşıyıcı kuvvetlerin etkisi altında hava kütleciklerinin sürekli olarak yön ve hız değişiklikleri meydana gelir. Hijyen uzmanları 20°C ile 22°C 'lik normal sıcaklıklarda yaklaşık olarak 0.15 m/s ile 0.20 m/s 'lik bir hıza izin vermektedir.

Elbise

Elbisenin konfora etkisi büyüktür. Çok soğuk bir ortamda sıcak elbise sayesinde kısa sürede konfor elde edilir. Aynı şekilde sıcak bir ortamda da hafif bir elbise sayesinde konfora ulaşılabilir.

Gazlar, Buharlar, Kokular

Bunlar genelde insanın terlemesi ile ortaya çıkan maddeler ve diğer atık gazlardır. Şüphesiz bütün bu katkı maddeleri insan sağlığı ve konforuna uygun olmayan bir etki yapmaktadır. Oturma mahallerinde, doğal havalandırma ve pencerelerin uygun bir ölçüde açılması genelde yeterli olmaktadır. Bir adet sigara, 70 mg CO gazı meydana getirmektedir. 5 ppm 'lik CO sınır değerinin üstüne çıkmamak için her sigara için 12.5 m³/h 'lık dış havaya ihtiyaç vardır.

Gürültü

Gürültünün yüksek düzeyde olması halinde uyku, nefes alma hatta zihinsel faaliyetleri olumsuz yönde etkiler. Bina teknolojisine ilişkin tesislerin ses basınç seviyelerinin, bitişikteki oturma odalarında geceleri 30 db, gündüzleri de 35 db 'den fazla olmamaları makine ile çalışan işletmelerde ise 40 db 'den fazla olmasına izin verilmemelidir. Derslikler içinde ise sınır değer 35 db dir.

Ses

Sıvı, katı, gaz ortamlarında 16 Hz - 20.000 Hz arasındaki insan kulağının algılayabileceği basınç değişiklikleri ses olarak tanımlanmaktadır. İnsan

kulağının hissedebileceği en az ses şiddeti 1 desibeldir. İnsan kulağının tahammül edeceği maksimum ses şiddeti, 120 desibele eşittir.

Ses Hızı

Ses hızı havada 340 metre/saniye olarak alınır. Ses hızı formülü: Sesin Aldığı Yol = Zaman x Ses Hızı. Ses hızı, frekansa bağlı olarak değişmez. Her frekansta ses aynı hızda gider. Ses hızı, havanın sıcaklığına, hava basıncına (statik olarak), hava yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Ses hızı, sıcaklığın kareköküyle ters orantılıdır. Herhangi bir alanda, rüzgar arkadan eserse ses zemine doğru yönelir. Rüzgar önden eserse, ses zeminden yukarı doğru yönelir. Gündüz, zemin ısındığı için ses dalgaları ısı etkisi nedeniyle yukarı doğru yönelir. Gece, zemin soğuduğu için ses dalgaları daha uzağa gidecektir ve aşağıya doğru yönelir.

Aydınlatma

Gözlerin sağlıklı tutulması ve aydınlatmanın da iyi olması konfor kapsamına dahildir. Gerekli aydınlatmanın şiddeti çalışmanın şekline ve odanın amacına bağlıdır.

Diğer Etkiler

Anlatılan faktörlerden başka şüphesiz duvarların, perdelerin rengi, mobilyaların ve sandalyelerin cinsi gibi konfora etki eden birçok şart vardır.

İç Hava Kalitesi

İç hava kalitesi, insanın rahatlık ve sağlığını etkileyen havadaki termik olmayan tüm noktaları kapsar. Havanın insan sağlığına birinci derecede etkisi, vücudunun metabolizması için gerekli olan oksijen alımını ve meydana gelen karbondioksitin atılması için gerekli olan nefesi alıp vermeyi (respirasyon) sağlamasıdır. Odayı kullananların odadaki havadan iki beklentileri bulunmaktadır. Birincisi, havanın bozuk ve küflü değil temiz ve hoş olması, diğeri ise havanın solunmasında herhangi bir sağlık riskinin bulunmamasıdır. Bunun yanı sıra kişisel beklentilerde farklılıklar bulunmaktadır. Bazı insanlar

aşırı hassastırlar ve soludukları havadan çok şey beklerler. Buna karşın bazıları ise daha az hassastır. Bundan dolayı oda havası kalitesi kişilerin hoşnutluklarına bağlı olarak da tanımlanabilmektedir. Eğer sadece çok sayıda insan memnunsu ve önemli bir sağlık sorunu yoksa kalite yüksek, memnun olmayanların sayısı yüksek veya kayda değer bir sağlık sorunu var ise kalite düşük demektir.

3.3 VERİMLİLİK KAVRAMI, TANIMI ve ÇEŞİTLERİ

3.3.1 VERİMLİLİK KAVRAMI GİRİŞ

Terksoy (1976) çalışmasında verimliliği en genel tanımıyla, üretilmiş olan enerji, mal ve hizmetlerle (output-çıkıtı) bu üretimi gerçekleştirmek amacıyla kullanılmış olan enerji, mal ve hizmetlerin (input-girdi) birbiri ile karşılaştırılması ve bu iki temel değişkenin birbirine oranlanması sonucu elde edilen katsayıya verilen ad olarak tanımlamıştır. Diğer bir deyişle, genel anlamda verimlilikten kasıt, üretim sürecinden çıkan ile üretim sürecine girmiş olan, yani çıktı ile girdiler arasındaki ilişkidir. Bu anlamda daha önce üretim sürecinde kullanılmış miktar ve nitelikte enerji, mal ve hizmet bugün öncesine göre daha fazla enerji, mal ve hizmet üretiyorsa verimlilik artmış demektir. Ancak böylesi basit genel tanımına karşıt bazı özel anlamlar da içeren verimlilik kavramı, ekonomi biliminde en karmaşık kavram olarak görülmektedir. Bu nedenle verimliliğe ilişkin yazı ve tartışmalarda önemli kavramsal karışıklıklara ve uzlaşmazlıklara rastlanmaktadır. Oysa verimlilik gerek salt bir sayısal gösterge olarak ve gerekse bu göstergenin kaydettiği değişmeler açısından ekonominin tanımlanması, işleyişinin izlenmesi ve gelişmesi açısından önemli bir role sahiptir. Ekonominin tümü bakımından önemli olan verimlilik aynı ölçüde ekonomiyi oluşturan birimler açısından da önem taşır. Endüstri ve işletme seviyesinde üretim katılan birimler kararlarına temel olan göstergelerden bir tanesi de verimlilik oranlarıdır. Verimlilik oranlarının somut kullanım alanlarından birisi üretim sürecine ilişkin mühendislik dallarıdır. Özellikle Batı Endüstri devrimi sonrası verimlilik oranları üretim sürecinin önemli teknik katsayılarından birisi olarak mühendislik dallarında geniş kullanıma sahip bir araç haline

gelmiştir. Öte yandan üretime olumlu katkı demek olan verimlilik artışı da üretim sürecinde kovalanan temel amaçlardan bir tanesini oluşturmuştur. Ancak teknik nitelikleri nedeniyle daha somut araçlarla ve daha belirli amaçlarla ilgilenen mühendislik dallarında verimlilik oranları belirli tanımlara ve kullanım alanlarına sahipken ekonomi biliminde soyut modellerinde kullanılagelmiş olması nedeniyle zaman sürecinde önemli değişimler göstermiş ve giderek değişik tanımlama ve ölçümlere konu olmuştur. Genel olarak ekonomi biliminin verimlilik ile ilgisinin en az kendisi kadar eski olduğu söylenebilir. Ancak bilimin gelişme sürecinde ortaya çıkan her okulun görüşünde verimlilik kavramının tanım ve kapsam değişiklikleri geçirdiği görülmektedir. Klasik ekonomi öğretisinde daha çok makro bir kavram olarak yer alan verimlilik, ülke ekonomisinin gelişmesine, büyümesine etkileri açısından incelenmiştir. Verimlilik ve bunda kaydedilebilecek artışların klasik büyüme kuramının temel taşlarından birisi olduğu bilinmektedir. Klasik okuldan sonra ekonomi biliminde kendini gösteren Marjinalistler, Klasik İktisatçıların tersine ilgi alanlarını makro sorunlardan mikro sorunlara çevirmiş ve birim (kişi, firma vs.) düzeyinde statik çözümlere yönelmiştir. Genel yaklaşımda gözlenen bu değişiklikle uyumlu olarak verimlilik de bu kez birim düzeyinde ele alınıp tanımlanarak söz konusu statik çözümlerinin önemli değişkenlerinden birisi olarak kullanılmıştır. Marjinalist analiz çerçevesinde verimliliğe yeni tanımlamalar ve ölçüm yöntemleri getirilmiştir. Ekonomi biliminde yeni eğilimler tekrar klasiklerin eğildiği makro-dinamik sorunlara dönerken marjinalist okulun geliştirdiği mikrostatik sorunlara olan ilgi de yitirilmemiştir. Bu açıdan bakıldığında modern ekonomi analizlerinde verimliliğin hala önemli bir yer tutmasına karşın makro ve mikro açılardan farklı tanım ve kapsamlarda kullanıldığı görülmektedir.

3.3.2 VERİMLİLİK ÖLÇÜLMESİNİN GENEL AMAÇLARI

Terksoy (1976) çalışmasında günümüzdeki gelişmiş ülkelerin fiyat kararlılığı (istikrarı) içinde büyüme potansiyellerinin saptanması ve geri kalmış ülkelerde yapısal değişimleri de içeren kalkınma ve gelişme sorunlarının önem kazanmasının yanı sıra verimlilik ile bir yandan refah, yaşam düzeyi ve gelir bölüşümü gibi genel sorunlar öte yandan ücretler, nisbi fiyatlar ve maliyetler gibi temel ekonomik değişkenler arasında somut, belirgin ilişkiler kurulmuş olması

verimlilik kavramının önem kazanmasına ve buna ilişkin tartışmaların yoğunlaşmasına yol açtığını belirtmiştir. Ancak, iktisatçıların ilgisini çeken sorunların çeşitlilik kazanması ve bunların açıklanıp çözümlenmesinde verimliliğin önemli role sahip olması sonucu günümüzde verimlilik çeşitli tanımlamalarla birden çok anlamda ve çok sayıda amaç için kullanılabilecek bir araç haline gelmiştir. Dolayısı ile çok genel sayılabilecek tanımlamalar dışında verimlilik ne kavramsal açıdan ve ne de ölçüm açısından tek bir anlam ve çözüme sahip değildir. Verimlilik kavramının böylesi çeşitlilik göstermesinin temelinde verimliliğin çok sayıda değişkenle ilgili olması ve bir çok önemli güncel soruna ışık tutabilmesi yatmaktadır. Verimliliğin çeşitli anlam ve kapsamda kullanılabilmesi çok sayıda sorunu aydınlatabilmesi açısından olumlu karşılanabilirse de bu durum çoğu kez kavram karışıklığına ve uzlaşmaz tartışmalara yol açması nedeniyle yeni sorunlar da doğurmaktadır. Bu tür sorunlardan kaçınmanın ön şartı verimlilik ölçümü ve kullanımındaki amacın açıklıkla belirlenmesidir. Zira, verimlilik oranının çözüm bulabileceği soruna göre kullanılması gereken kavram, tanım ve ölçüt değişmektedir.

Bu açıdan bakıldığında verimlilikle ilgili veya verimliliğin çözümünde temel olabileceği tartışmalarda amaçlar ve sorunun verimlilikle ilgi noktaları dikkatle ve açıklıkla belirlenirse tek bir verimlilik tanımı ve ölçütü üzerinde anlaşmak ve sorunu çözüme ulaştırmak kolay olacaktır. Dolayısı ile verimliliğin hangi sorunlarla ilgili olduğu, hangi sorunların çözümünde kullanılabileceğinin bilinmesi gerekir. Ancak bu tür sorunlar oldukça çoktur. Örneğin, genel olarak verimlilik oranlarının insan emeğinin değişik koşullar altındaki üretkenliğini ölçtüğü kabul edilmektedir. Dolayısı ile verimlilik bir yandan insan emeğinin üretkenliğinin arttırılması gibi temel bir ekonomik sorunla ilgili iken öte yandan insan emeğinin değerlendirilip ödüllendirilmesinde önemli bir gösterge olmaktadır. Diğer bir anlamda verimlilik üretim sürecinde kaynakların ne derece etkin kullanıldığını belirlemektedir. Bilindiği gibi üretim sürecinde iş gücü yanı sıra başka temel girdiler de kullanılmaktadır. Bu girdilerin tek tek ve topluca üretim seviyesi ile ilgisi vardır. Her birinin tek başına veya diğer girdilerle birlikte artırılıp azaltılması üretim seviyesi üzerinde etkili olmaktadır. Dolayısı ile emeğin yanı sıra diğer girdilerin üretimle ilişkilerini belirleyen kendi verimlilik oranlarının

bilinmesi ve bunların değişik koşullar altında davranışlarının izlenmesi, gerektiğinde bir veya birkaçının nitelik ve niceliğini değiştirip, diğerleri yerine kullanarak en iyi girdi kombinasyonu ile en yüksek üretim düzeyine ulaşılmasına olanak sağlar. Girdi bileşimini değiştirerek her birini en yüksek verimlilik düzeyinde kullanma olanağı varken girdileri düşük verimlilikte kullanmak ekonomik anlamda israfa yol açacaktır. Bu soruna paralel diğer bir sorun üretim sürecinde ham ve yarımamul gibi ara girdilerin yanı sıra emek ve sermaye gibi temel, birincil girdilerin kullanımı, istihdamı sorunudur. Bu açıdan bakıldığında verimlilik oranları üretim sürecinde kaynak kullanımını, özellikle emek gereksinimini belirleyen temel bir gösterge olarak üretim ve girdi kullanımı kararları üzerinde etkin olmaktadır. Üretim ve kullanımı kararları üretim birimlerinde (firmalar) maliyet hesapları çerçevesinde girdi verimliliklerine göre alınmaktadır. Ancak bunların toplamı ulusal ekonomide sermayenim aşırı veya atıl kullanımı, işgücünün tam veya eksik istihdamı, işsizlik gibi çok önemli sorunları belirlemektedir. Başka bir açıdan bakıldığında verimliliğin ücretler ve diğer nisbi fiyatların belirlenmesinde önemli bir etken olduğu görülmektedir. Genel olarak fiyatların ham ve yarı-mamul gibi ara girdilerin maliyeti üzerine işgücü ve sermaye gibi birincil girdilerin maliyetlerinin eklenmesi ile oluştuğu kabul edilmektedir. Öte yandan, özellikle birincil girdilerin ödüllendirilmesinin bunların üretime katkıları yani verimlilikleri çerçevesinde oluştuğu da kabul gören bir varsayımdır. Dolayısı ile girdilerin verimliliği ile fiyatları arasında önemli bir ilişki vardır. Bu da bir yandan maliyet ve dolayısıyla fiyat hareketleri ile verimlilik arasında çok sıkı bir bağlantıya işaret ederken öte yandan temel girdilerin ödüllendirilmeleri, yani üretimden pay almalarını, dolayısıyla ulusal ekonomide bölüşüm sorununun çözümünü aydınlatmaktadır. Temel girdilerin mülkiyet ilişkileri çerçevesinde çoğu kez karşı karşıya geldikleri düşünülürse işçi-işveren tartışmalarında verimliliğin son derece önemli bir kavran olması da kolaylıkla anlaşılabilir. Nihayet, işletme yönetimi açısından verimlilik oranları bir denetim aracı olarak kullanılmakta ve bir yandan üretim sürecinin kontrol edilip geliştirilmesi amacı ile kullanılırken öte yandan işletmeler arası karşılaştırmalarda önemli bir gösterge olmaktadır. Yukarıda da değindiğimiz gibi işletmeler açısından girdi verimliliği ile maliyetler arasında önemli bir ilişki vardır.

İşletme açısından üretime sokulan girdi miktarı ne kadar az ve sonuçta elde edilen ürün (çıktı) ne kadar çok olursa verimlilik o kadar yüksek olacaktır. Verimlilik yükseldikçe parça başına maliyetler düşecektir. Demek ki işletme yönetimi açısından maliyetlerin düşük olabilmesi için verimliliğin yüksek olması gerekir. Maliyetler bir yandan kârlılığı belirlerken bir yandan da rekabet gücünü belirlemektedirler. Fiyatların, üretim birimleri olan firmalarca veri alındığı rekabetçi piyasalarda maliyet-verimlilik ilişkisi diğer firmalarla rekabet gücünü belirlemesi açısından önemlidir. Bu açıdan bakıldığında firmalar arası verimlilik mukayeseleri önem kazanmaktadır.

Tüm bu söylenenlerden anlaşıldığı gibi verimlilik oranları makro düzeyde ulusal ekonominin işleyişi mikro düzeyde ise ekonomiyi oluşturan birimlerin işleyişi ve karar almaları açısından önemli sorunlarla ilgilidir ve bu sorunlara ışık tutmaktadır. Sorunlar farklı olduğu ölçüde kullanılması yeğ tutulan verimlilik kavramı ve buna bağlı olarak da ölçüt değişmektedir. Çoğu kez işletme yönetimi açısından çok önemli olan bir verimlilik tanımı makro sorunların veya daha değişik mikro sorunların çözümüne bir katkı getirmemektedir. Bu nedenle soruna ve amaca bağlı olarak değişik verimlilik anlayışı geçerli olmaktadır. (Terksoy 1976)

3.3.3 VERİMLİLİK ÇEŞİTLERİ

Terksoy (1976) çalışmasında, verimlilik ne şekilde ele alınırsa alınsın sonuçta üretimin (çıktı) bir veya birden fazla girdiye oranı olarak belirlenmekte olduğu belirtilmiştir. Ölçümle ilgili sorunları bir an için bir kenara bırakacak olursak genel anlamda verimlilik üretim ile bunun için kullanılan girdi veya girdiler toplamı arasındaki mukayesedir. Çıktı ile girdiler arasındaki karşılaştırma genellikle bunların oranlanması şeklinde yapılır. Ancak belli bir an ve mekanda elde edilen oran tek başına durumu saptama dışında fazla bir anlam taşımayacağı için başka bir an veya mekana ait oran veya oranlarla karşılaştırılması gereklidir. Bu tür karşılaştırmalar da genellikle verimlilik oranlarının indekslere dönüştürülmesi ile yapılır. Elde edilen oran ve/veya indeksler tek bir girdi için saptandıysa oranın paydasında yer alan bu girdinin verimliliği, birden fazla girdi için saptandıysa girdilerin ortak, toplam verimlilikleri

söz konusudur. Verimliliğin böylesine genel bir tanımlamaya sahip olmasına karşılık uygulamada ve kuramsal açıdan çeşitlilik göstermesi verimlilik ölçümünde kullanılan çıktı ve girdilerin tanım, kapsam ve ölçümlerinin farklı biçimlerde yapılabilmesinden kaynaklanmaktadır. Yani, verimliliğin anlamı girdi ve çıktıların tanımlanması bunların farklı nitelikle girdi ve çıktıların bir araya getirilmesinde kullanılacak ağırlıklandırma işlemi de dahil istatistiksel ölçümlerinde uygulanan yöntemlere ve çıktı ve girdinin birbiriyle ilişkilendirilmelerinde izlenen yolu göre değişik olacaktır. Farklı anlamlarda yorumlanabilecek değişik verimlilik oranları da farklı amaçlar için yararlı olabilecektir.

3.3.3.1 Kısmî ve Toplam Verimlilik

Terksoy (1976) çalışmasında verimlilik kavramlarının ilk bakışta Kısmî Verimlilik ve “Toplam faktör (veya girdi) verimliliği” olarak iki genel guruba ayrılabilirdiğini belirtmiştir. Bilindiği gibi üretim işleminde faktörleri veya temel girdiler dediğimiz işgücü, sermaye ve toprak belli bir organizasyon çerçevesinde bir araya getirilerek ham ve yarı mamul maddeler gibi ara girdiler enerji vs. gibi diğer girdilerin de katkısı ile ihtiyacı doyurmaya yönelik mal ve hizmetler yaratılmaktadır. Yaratılan mal ve hizmetlere üretim, ürün veya çıktı, üretim için kullanılan mal ve hizmetlere de faktör veya girdi adı verilmektedir. Verimlilik üretime katılan temel veya ara girdilerden her biri için tek tek ölçülebilir. Bunun için toplam üretim işlemine iştirak etmiş (ve belli bir birimle ölçülmüş) her bir girdiye ayrı ayrı bölünecektir. Bu şekilde elde edilen verimlilik oranlarına “Kısmî verimlilik” adı verilmektedir. Örneğin, Q toplam üretim, L işgücü, K sermaye ve H hammadde ise Kısmi verimlilikler;

$$(1) V_L = \frac{Q}{L} \text{ , işgücü verimliliği}$$

$$(2) V_K = \frac{Q}{K} \text{ , sermaye verimliliği}$$

$$(3) V_H = \frac{Q}{H} \text{ , hammadde verimliliği olacaktır.}$$

Toplam verimlilik veya toplam faktör verimliliği adı verilen verimlilik kavramı ise toplam üretimin tek tek girdilere oranlanması yerine üretime iştirak eden girdilerin toplamına oranlanması ile elde edilmektedir. Bu durumda birçok kısmî verimlilik oranı yerine üretimde kullanılan kaynakların (faktörlerin) etkinlik derecesini gösteren tek bir verimlilik oranı elde edilecektir. Kabaca bir gösterimle toplam verimlilik,

$$(4) \quad V_r = \frac{Q}{L + K + H}$$

veya girdiler uygun ağırlıklarla ağırlıklandırılıp toplanırsa

$$(5) \quad V_T = \frac{Q}{a_L + b_K + c_H} \quad \text{olarak bulunacaktır.}$$

Daha ileride toplam verimlilik kavramını etraflıca incelediğimizde göreceğimiz gibi toplam faktör verimliliği ölçülmesinde en önemli sorunlardan bir oranın paydasına yer alan ağırlıkların saptanmasından doğmaktadır. Bu noktada ağırlıkların ya girdi fiyatları veya girdilerin üretimden aldıkları pay olarak kullanıldığına işaret etmekle yetinelim. Dikkat gerektiren diğer bir nokta da toplam verimlilik kavramının brüt veya net bir anlam taşıyabileceğidir. Toplam üretim temel girdiler olan işgücü ve sermaye yanı sıra ara girdiler kabul edilen hammadde, enerji vs. g.b. girdilerin toplamı ile ilişkilendiriliyorsa toplam faktör verimliliği “brüt” bir anlam taşıyacak yok eğer net üretim (katma değer) temel girdilerle ilişkilendirilirse net anlamda toplam faktör verimliliği söz konusu olacaktır. Yani,

(5) no' lu eşitlikte söz konusu olan brüt toplam verimlilik iken

(6) no' lu eşitlikte söz konusu olan net toplam verimliliğidir.

$$(6) \quad V_T = \frac{K_D}{a_L + b_K}$$

ki burada K_D katma değer olup, toplam üretimden ara girdilerin çıkarılması ile elde edilmektedir.

Kısmi verimlilik kavramı çok uzun süredir kullanılan en eski verimlilik kavramıdır. Toplam verimlilik kavramı ise oldukça yenidir ve kısmî verimlilik oranlarının genel olarak verimliliği özellikle de söz konusu girdinin verimliliğini ölçmede yetersiz kaldığı görüşünden doğmuştur. Kısmî verimlilik zaman sürecinde çıktı birimi başına ele alınan girdi kullanımındaki tasarrufu ölçmektedir. Ancak üretimde kaydedilen verimlilik değişmelerinin kesin bir göstergesi olarak kabul edilmesi güçtür. Bunun en önemli kısmi verimlilik oranının sadece söz konusu girdinin üretkenliğindeki artıştan değil aynı zamanda girdi bileşiminde söz konusu olabilecek girdi ikamesinden (girdilerin birbiri yerine kullanılması) veya üretim sürecinde girdiler dışında olabilecek değişmelerden, örneğin teknolojik gelişme veya yeni organizasyon ve yönetim düzenlemelerinden doğabilecek genel verimlilik artışlarından da etkilenebilmesidir. Kısmi verimlilik ölçümünde toplam üretim tek bir girdi ile ilişkilendirilmekte ve diğer inputlarda olması muhtemel değişmelerin üretime ve dolayısı ile verimlilik değişmesine yapabileceği etkiler ihmal edilmektedir. Kısacası, toplam üretim ile girdilerin bir tanesi arasındaki ilişki saptanırken diğer girdi ve koşulların değişmediği varsayımı yapılmaktadır. Oysa bu varsayım pek gerçekçi değildir. Örneğin, toplam üretimde kaydedilen artış daha çok sermaye ve/veya diğer girdilerin nitelik veya niceliğinde kaydedilen bir değişmeden kaynaklanmışsa işgücü kısmi verimliliği, toplam üretimin artış olması nedeniyle, işgücü üretkenliğinde bir değişme olmadığı halde artmış gibi görünecek ve bizi yanıltıcı sonuçlara götürebilecektir. Gerçek hayatta genellikle üretime katılan girdilerin nicelik ve nitelikleri sabit kalmamakta veya girdilerin dışındaki etkenlerin toplam üretim üzerinde etkili olduğu gözlenmektedir. Bu durumda diğer girdi ve koşulların değişmediği varsayımı altında yapılan kısmi verimlilik ölçümleri verimlilik değişmelerini yansıtmakta yetersiz kalmaktadır. Ancak kavramsal açıdan daha yetenekli görünen toplam verimlilik oranları gerekli verilerin kolaylıkla elde edilemeyişi ve hazırlanmalarından doğan sorunlar nedeniyle henüz uygulamada yaygınlık kazanmamışlardır. Yaygın olarak kullanılan kavramsal sakıncalarına rağmen kısmi verimlilik oranları olmaktadır.

3.3.3.2 Fiziki ve Paralel Verimlilik

Terksoy (1976) çalışmasında verimlilik çeşitlerinin sınıflanmasında yapılabilecek başka bir ayırım verimlilik oranının pay ve paydasında yer alan değişkenlerin homojenlik derecesine göre fizik birimlerle veya parasal birimlerle ifade edilmelerine göre fiziki ve parasal verimlilik ayrımı olarak tanımlamıştır. Eğer hem ürün (çıkıtı) ve hem de girdi (veya girdiler) homojen fiziki birimlerden oluşuyorsa bunların ortalaması sonucu elde edilen verimlilik de girdinin (veya girdilerin) fiziki verimliliğini verecektir. Örneğin, üretim ton, kilo, metre veya tane olarak ifade edilebilecek tek bir ürün veya bu birimlerle ifade edilmeye uygun homojen nitelikte bir gurubu ise girdilerde bu şekilde saat, kilo beygircü gibi fiziki birimlerle ölçülebiliyorsa bunların oranlanması iki fizik birimin oranlanması olacağından sonuçta elde edilen verimlilik oranı fiziki verimliliği gösterecektir. Bu durumda verimlilik oranı;

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}(kg)}{\text{Girdi}(Saat)} \quad \text{veya} \quad \text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}(m^2)}{\text{Girdi}(B.G.)} \text{ v.s.}$$

olarak belirlenecektir. Hemen belirtmek gerekir ki fiziki verimlilik en basit ve kaba verimlilik oranı olmakla beraber kapsamı, anlamı ve yorumu en tartışmasız olan verimlilik tanımıdır. Özellikle firma düzeyinde karar alma amacıyla yapılan verimlilik hesapları olanaklar ölçüsünde fiziki verimliliğe dayandırılır. Ancak verimlilik oranının kullanma amacına göre çıkıtı ve girdi veya girdiler toplamını her zaman tek bir fizik birim ile ölçebilme olanağı olmayabilir. Bu daha çok firma düzeyinden makro düzeylere çıkıldığında çok sayıda mal ve hizmetin söz konusu olmasıyla ortaya çıkan bir durumdur. Endüstri veya ulusal ekonomi düzeyinde çok sayıda ve farklı niteliklerde mal ve hizmet üretileceğinden bunların toplamından oluşacak çıkıtı değişkenini sadece kilo veya metre ile saptama olanağı yoktur. Örneğin, kilo veya tane ile ifade edilebilecek elma ile metre ile ifade edilebilecek kumaşın bir bütün içinde söz konusu fizik birimlerinden herhangi birisi ile ifade edilme olanağı yoktur. Aynı durum heterojen nitelikler gösteren girdilerin veya aynı girdinin değişik öğelerinin bileşimini sağlama durumunda da söz konusudur. Dolayısıyla, ilgi sahamız daha toplayıcı (aggregate) seviyelere ulaştığında çıkıtı toplamını ve girdi veya

girdiler toplamını oluşturan birimlerin homojenlik niteliği azalacak ve heterojen birimlerin bir araya toplanması için fizik birimleri kullanma olanağımız kalmayacaktır. Bu durumda toplama (aggregation) işini değer birimleri ile yapmamız gerekir. Değer birimleri parasal ifadelerdir ve çıktı ve girdi toplamalarına giren birimlerin fiyatlarından oluşmaktadır. Bu şekilde elde edilen verimlilik oranlarına fiziki verimlilik oranlarından ayırt etmek amacıyla parasal verimlilik denmektedir. Hemen belirtmek gerekir ki parasal verimlilik oranlarının elde edilmesinde hem çıktı ve hem de girdilerin fiyatlarla ifade edilme zorunluluğu yoktur. Özellikle tek bir girdi açısından verimlilik ölçülüyorsa girdi homojen birimlerden oluştuğu ölçüde bunu yine parasal birim dışında fizik birimle ölçme olanağı olabilir. Çıktı heterojen birimlerden oluşuyorsa toplam çıktının belirlenmesi için doğan olarak fiyat birimleri kullanılacaktır. Bu durumda kısmi veya toplam parasal verimlilik oranları parasal değerle ifade edilmiş çıktı toplamının ya yeni parasal değerle ifade edilmiş girdi veya girdiler toplamına veya fizik birimle ifade edilmiş girdiye oranından elde edileceğinden sonuç parasal değerle ifade edilecektir. Verimlilik oranı;

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}(YTL)}{\text{Girdi}(YTL)} \qquad \text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}(YTL)}{\text{Girdi}(\text{Saat})}$$

şeklinde tanımlanacaktır. Ancak parasal verimlilik oranlarının elde edilmesinde dikkat gerektiren birkaç nokta vardır. Çıktı değişik nitelikte birkaç mal ve hizmetten oluşuyorsa bunların her biri kendi piyasa fiyatı ile çarpılıp toplamları alınmak suretiyle toplam çıktı elde edilecektir. Birbirinden farklı q_1 , q_2 ve q_3 gibi üç malı kendi fiyatları olan P_1 , P_2 ve P_3 ile çarpıp sonuçları toplayarak verimlilik oranının payını oluşturacak toplam üretim (çıktı) elde edilir. Yani;

$$Q = (q_1 \times p_1) + (q_2 \times p_2) + (q_3 \times p_3) \quad \text{olacaktır.}$$

Aynı şekilde birden fazla değişik nitelikte girdi söz konusu ise

$$K = (k_1 \times l_1) + (k_2 \times l_2) + (k_3 \times l_3)$$

şeklinde girdi miktarları (k) girdi fiyatları (l) ile çarpılarak toplam girdi elde edilir. Bu durumda parasal verimlilik oranı

$$v = \frac{(q_1 \times p_1) + (q_2 \times p_2) + (q_3 \times p_3)}{(k_1 \times l_1) + (k_2 \times l_2) + (k_3 \times l_3)}$$

$$v = \frac{Q}{K}$$

Eğer fiziki birimle ifade edilecek tek bir girdi açısından verimlilik ölçümü söz konusu ise;

$$v = \frac{Q}{k_1} \quad , \quad (k_1 \text{ girdisinin parasal verimliliği})$$

veya

$$v = \frac{Q}{k_2} \quad , \quad (k_2 \text{ girdisinin parasal verimliliği})$$

şeklinde verimlilik oranları elde edilecektir.

Parasal ifadelerle verimlilik ölçümleri yapıldığında fiyat değişmelerinin dikkate alınması gerekir. Verimlilik ölçümünde amacın girdi veya girdiler toplamının birim başına çıktı üretme kapasitesinin ölçülmesi olduğunu biliyoruz. Parasal ifadelerle ise çıktı ve bazen girdilerin miktar ve fiyat çarpımından oluştuğunu gördük. Verimlilik saptanması açısından bizi ilgilendiren miktarlardır. Fiyatları miktarların toplamını fizik birimlerle yapamadığımız için kullanıyoruz. Yani, bir anlamda yaptığımız miktarları fiyatlarıyla ağırlıklandırarak ortak bir birimle ifade edilecek bir toplama ulaşmaktır.

Burada söz konusu edilen toplam girdi, toplam faktör verimliliğinde söz konusu edilen üretime iştirak eden girdilerin tümünün toplamı olmayabilir. Tek bir girdinin değişik parçalarını bir araya getirmek gerekebilir. Örneğin farklı sermaye teçhizatı tek bir sermaye girdisi içine toplanabilir. Bu durumda söz konusu edilen toplam girdi tek bir girdisi oluşturabileceğinden elde edilecek verimlilik oranı toplam faktör verimliliği değil yine kısmi verimlilik olacaktır.

Ancak, fiyatlar miktarlardan bağımsız olarak değişirse ve biz de bunu dikkate almazsak elde edeceğimiz sonuç girdinin üretkenliği hakkında yanlış bilgi verecektir. Örneğin, iki dönem arasında aynı miktarda girdilerin ürettiği çıktı

toplamını oluşturan çıktı miktarlarında bir değişme olmaksızın çıktıların bir veya fazlasının fiyatı artacak olursa parasal ifadesi ile çıktı toplamı artacağından parasal verimlilik oranı artmış olacaktır. Oysa oranın artışı sadece fiyatların değişmesi nedeniyle olmuştur, yoksa girdilerin üretkenliği aynıdır. Bu tür yanılgılardan kaçınmak için çıktı ve girdiler parasal değerlerle ifade edileceği zaman “sabit fiyatlar” kullanılır. Sabit fiyatlar belli bir zaman noktasının veya belli bir dönemin fiyatlarıdır. Parasal verimlilik oranlarının saptanmasında sonuç üzerinde fiyatların zaman içinde değişmesinin etkili olmasını önlemek amacıyla böyle temel kabul edeceğimiz bir an veya döneme ait fiyatlar çıktı ve girdilerin parasal ifade ile toplamını elde etmek için kullanılır. Buna bir anlamda girdi ve çıktı miktarlarının sabit ağırlıklarla parasal ifadelerle dönüştürme de diyebiliriz. Örneğin, (o) dönemi temel kabul edildiyse (1) ve (2) dönemlerinde yapılacak verimlilik ölçmelerinde çıktı ve girdilerin parasal ifadelerle dönüştürülmesi işlemi (0) dönemi fiyatlarını kullanarak yapılacaktır. Bu durumda, (q) çıktı miktarları (p) çıktı fiyatları, (k) girdi miktarları (1) girdi fiyatları ve alt işaretler değişik çıktı ve girdi türlerini, üst işaretlerde değişik dönemleri ifade etmek üzere;

$$(1) \text{ döneminde parasal verimlilik; } v^1 = \frac{(q_1^1 \times p_1^0) + (q_2^1 \times p_2^0) + (q_3^1 \times p_3^0)}{(k_1^1 \times l_1^0) + (k_2^1 \times l_2^0) + (k_3^1 \times l_3^0)} = \frac{Q^1}{K^1}$$

$$(2) \text{ döneminde parasal verimlilik; } v^2 = \frac{(q_1^2 \times p_1^0) + (q_2^2 \times p_2^0) + (q_3^2 \times p_3^0)}{(k_1^2 \times l_1^0) + (k_2^2 \times l_2^0) + (k_3^2 \times l_3^0)} = \frac{Q^2}{K^2}$$

olacaktır. Görüldüğü gibi her iki döneme ait verimlilik oranında da dönemin çıktı ve girdi miktarlarına temel dönemin (o) fiyatlarını uygulayarak değişkenlerimizi fiyat etkisinden arındırmış ve böylece fiyat değişmelerinin verimlilik ölçümümüzü yanıltmasını önlemiş oluyoruz. Son olarak ilgi alanımızı ekonominin tümünü (veya sektörleri) içerecek bir makro düzeye yükselttiğimizde söz konusu olabilecek bir soruna değinmemiz gerekir. Öncede belirttiğimiz gibi makro düzeyde özellikle toplam çıktıyı oluşturan elemanların homojen nitelikler göstermesi olanağı yoktur ve toplayıcılık (aggregation) işlemi ekonomi (veya sektörün) toplam üretimini saptamak için parasal değerler kullanmak

zorundadır. Ancak toplam üretimi oluşturan ürün sayısı arttıkça bunların her birisi için sıhhatli miktar ve fiyat verileri elde etme güçleşir. Bu durumda verimlilik oranının payında kullanacağımız toplam üretim (çıktı) değerini sabit fiyatlarla saptamak için yukarıda değindiğimiz yöntemi uygulama olanağımız kalmayacaktır. Yapılacak iş değer terimiyle ifade edilmiş fiyatlar yardımıyla elde edilmiş toplam üretim (çıktı) rakamlarını uygun bir fiyat indeksi ile ifade etmektir. Başlıca iki tür fiyat indeksi vardır.

$$1) \text{ Laspeyres fiyat indeksi} = \frac{\sum p^1 \times q^0}{\sum p^0 \times q^0}$$

$$2) \text{ Paasche fiyat indeksi} = \frac{\sum p^1 \times q^1}{\sum p^0 \times q^1}$$

Görüldüğü gibi her iki indekste de temel unsur p^1/p^0 şeklinde ifade edilen fiyatlar genel seviyesi basit indeksidir. Bu miktarlarda ağırlıklandırılarak ağırlıklı fiyat indeksine dönüştürülmektedir. İki tür indeks arasındaki fark kullanılan ağırlıklardadır. Laspeyres indeksi temel dönem (0) miktarlarını ağırlık olarak kullanırken Paasche indeksi cari dönem (1) miktarlarını ağırlık olarak kullanmaktadır. Dolayısıyla, elimizde cari dönem fiyatlarıyla toplam çıktı değeri varsa bunu fiyat indekslerinden bir tanesi ile deflate ederek sabit fiyatlarla ifade edilmiş hale dönüştürürüz. Açıklamalarımızdan da anlaşılacağı gibi fiziki verimlilik oranları (veya indeksleri) birim düzeyinde firma ve işletmelerde kullanılırken parasal verimlilik oranları (veya indeksleri) daha makro düzeyde kullanılmaktadır. Ancak makro kapsam artıp toplayıcılık (aggregation) yükseldikçe değişik çıktı (ve girdi) türlerinin fiyatlar yoluyla bir araya getirilmesi çeşitli kuramsal sorunlar yaratacağından parasal verimlilik oranlarının fiziki verimlilik oranları gibi kesin anlamlarda yorumlanması güçlük göstermektedir.

3.3.3.3 Ortalama ve Marjinal Verimlilik

Terksoy (1976) çalışmasında çeşitli verimlilik oranları arasında diğer bir ayrımın ortalama ve marjinal verimlilik kavramları açısından yapılması gerektiğini belirtmiştir. Belli bir dönem için verimlilik oranı o dönemin toplam çıktısının girdinin dönem içinde kullanılan toplamına oranlanması ile elde

edilebilir. Buna “ortalama verimlilik” denmektedir. Yine aynı dönemde verimlilik oranı dönem içinde çıktıda görülen artışın yine dönem içinde girdide görülen artışa oranlanması ile elde edilebilir. Buna da “marjinal verimlilik” adı verilmektedir. Görüldüğü gibi verimlilik ölçümü toplamlar açısından yapılırsa ortalama, artışlar (veya daha genel olarak değişmeler) açısından yapılırsa marjinal verimlilik oranlarına ulaşılmaktadır. Doğal olarak ölçüm fizik birimlerle yapılıyorsa ortalama ve marjinal fiziki verimlilikler, parasal ifadelerle yapılıyorsa ortalama ve marjinal parasal verimlilikler söz konusu olacaktır. Bu iki tür verimlilik oranından uygulamada kullanılan genellikle ortalama verimlilik oranı olmaktadır. Marjinal verimlilik ise genellikle daha çok soyut bir kavramsal araç olarak ekonomi biliminde önemli yer tutan kuramsal modellerde kullanılmaktadır. Daha ileride değineceğimiz gibi marjinalistler tarafından ekonomiye getirilen bu kavram özellikle temel girdilerin (emek, sermaye) ödüllendirilmesi, yani bölüşüm ile ilgili bazı kuramlarda çok önemli bir yer tutmaktadır. Burada belirtmemiz gereken önemli bir nokta bazı koşullar altında ortalama ve marjinal verimliliklerin eşit olabileceğidir. Örneğin, üretimde kullanılan girdiler arasında ikame esnekliği birime eşitse (yani girdiler birbiri yerine kolaylıkla kullanılabiliriyorsa); teknolojik gelişmenin girdilere etkisi tarafsız (nötr) ise (yani teknik gelişme girdilerden birinin verimini arttırıcı etkiye sahip değilse); ve tam rekabet koşulları tüm piyasalarda egemen ise (yani alıcı ve satıcılar çok sayıda olup çıktı ve girdi fiyatlarını veri olarak alıyorlarsa) bu koşullar altında ortalama ve marjinal verimlilikler eşit olacaktır. (Terksoy 1976)

3.3.3.4 Girdilerin Ölçümüne Göre Verimlilik

Terksoy (1976) çalışmasında verimlilik oranlarının ve özellikle bunların kapsam ve anlamları ölçüme konu olan çıktı ve girdilerin kapsam ve anlamına göre de çeşitlilik gösterdiğini belirtmiştir. Uygulamada daha çok kısmi verimlilikler arasında üzerinde en çok durulan işgücü verimliliğidir. İktisatçılar özellikle işgücü verimliliğine önem vermekte ve çoğu kez salt verimlilik deyimi ile doğrudan doğruya işgücü verimliliği kastedilmektedir. Ancak iş gücü verimliliğinin saptanmasında kullanılan emek girdisinin farklı ölçümlerine göre verimlilik oranı ve anlamı değişecektir.

1. İşgücü verimliliği en basit ve kaba yöntemle toplam çıktının üretimde fiilen çalışan işçi sayısına oranlanması ile elde edilebilir. Bu işlem sonunda elde edilecek oran “İşçi başına üretim” olarak isimlendirilir.

2. Daha geniş anlamıyla işgücü verimliliği saptama yöntemi, toplam çıktının üretim için işgücü faktörünün sarf ettiği toplam çalışma saatlerine bölünmesidir. Bu işlem sonunda elde edilecek oran “Çalışma saati başına üretim” olarak bilinir. Görüldüğü gibi daha rafine bir ölçüm olan çalışma saati başına üretim verimlilik ölçülmesinde sadece üretimde çalışan işgücü sayısını değil aynı zamanda ortalama çalışma süresinden daha az veya daha fazla çalışan işçilerin etkilerini de göz önüne almaktadır. Özellikle haftalık veya yıllık çalışma sürelerinde meydana gelebilecek azalmalar böylelikle verimlilik ölçümlerine yansımakta ve daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir. Farklı çalışma saatleri işgücü verimliliğini saptamada bir diğer yöntem değişik nitelikte(kalitede) işgücü girdilerinin üretimde sarf ettikleri çalışma saatlerinin ağırlıklı toplamının üretim miktarı(çıkıtı) ile bölünmesidir. Üretim sürecine iştirak eden girdilerin her birinin farklı nitelikte birimlerden oluşabileceğine parasal verimlilik kavramını açıklarken değinmiştik. İşgücü girdisi de böyle farklı nitelikte gruplardan oluşabilir. Örneğin, yüksek kalitede uzman ve eğitilmiş bir grup yanı sıra farklı nitelikte uzmanlaşmamış iş eğitimi görmemiş özel bir yetenek geliştirmemiş bir grupta olabilir. Doğal olarak bunların üretkenlikleri ve üretime katkıları farklı olacaktır. Bu farklılıkları verimlilik ölçümlerine yansıtmak için her bir grubun toplam çalışma saati uygun bir ağırlıkla (genellikle ücretler) ağırlıklandırılıp hepsi toplanarak verimlilik oranında kullanılırsa daha sağlıklı sonuç elde edilebilecektir. Bu işlem sonucu elde edilecek oran “işgücü birimi başına üretim” olarak isimlendirilmektedir. Görüldüğü gibi bu işlemde eğitim, tecrübe vs. gibi işgücü girdisinin kalitesini etkileyecek vasıfları göz önüne alınıp somut olarak verimlilik ölçümüne yansıtılmaktadır.

Hemen anlaşılacağı gibi yukarıda değinilen üç işgücü verimlilik kavramından istenen verilerin hazır olması nedeniyle uygulamada en kolay elde edileni “İşçi başına üretim” oranıdır. Ancak görüldüğü gibi bu oranın ihmal ettiği oysa işgücü verimliliği üzerine etkili olabilecek çalışma saatleri, değişik gruplar

arası kalite farkları ve hatta üretimde kullanılan işgücü dışındaki girdilerin etkisi ile teknolojik nedenlerle olabilecek verimlilik artışları gibi bir çok etken vardır. Bu bakımdan işçi başına üretim” şeklindeki verimlilik oranı en kaba verimlilik kavramını oluşturmaktadır. Bu açıdan bakıldığında yukarıdaki sıralamamızda işçi başına üretimden başlayarak kaba ve kapsamı dar bir kavramdan daha rafine, geniş kapsamlı ve güvenilir verimlilik kavramlarına ulaşıldığını söylemek mümkündür. Doğal olarak bu anlamda en rafine ve geniş kapsamlı verimlilik ölçümü işgücü girdisi yanı sıra diğer temel ve ara girdileri de hesaba katan toplam verimlilik kavramıdır. Hatırlanacağı gibi kısmi verimlilik ölçümlerinin sakıncalarına daha önce değinmiştik. (Terksoy 1976)

3.3.3.5 Üretim (Çıktı) Kapsam ve Ölçümüne Göre Verimlilik

Terksoy (1976) çalışmasında, verimlilik oranlarının anlam ve kapsamı girdi tanımlamasına göre değiştiği gibi oranın payında ele alınan ürün (çıktı) tanımlamasına ve kapsamına göre farklılık gösterdiğini ifade etmiştir. Soruna ulusal ekonomi açısından baktığımızda, ülkenin toplam üretimi ülke sınırları içinde yaratılan mal ve hizmet toplamı olarak ele alınabilir ki buna “yurt içi üretim” veya “yurt içi hasıla” (domestic product) adı verilmektedir. Toplam üretim aynı zamanda yurttaşların hizmetine arz edilmiş mal ve hizmetlerin toplamı olarak düşünülebilir ki buna da “milli ürün veya “milli hasıla” (national product) denmektedir. Bilindiği gibi uluslar arası ticaretinde söz konusu olduğu açık ekonomilerde ithal edilen mal ve hizmetler de ulusal ekonomi de mübadeleye konu olurlar. Mübadelelere konu olan toplamı mal ve hizmetler açısından toplamı üretimi tanımlayacak olursak yurt dışından ithal edilen mal ve hizmetleri de göz önüne almamız gerekir. İşte yurt içi üretim ile milli hasıla arasındaki fark bu noktadan doğmaktadır. Milli hasıla yurt içi hasıladan yurt dışından elde edilen kazançların finanse ettiği mal v hizmet miktarı kadar fark etmektedir. Dolayısıyla, ulusal ekonomi açısından yapılan verimlilik ölçümlerinde üretim veya çıktı karşılığı söz konusu iki kavramdan herhangi birisini kullanmamıza bağlı olarak elde edilecek verimlilik oranının niceliği ve anlamı farklı olacaktır.

3.3.4 SAFİ-GAYRİ SAFİ HASILA

Çıktının saptanması açısından diğer bir farklılık bunun sermaye tüketimini (aşınma ve eskime) içeren gayri safi (brüt) veya bundan arındırılmış safi (net) bir toplam olarak ele alınabilmesindedir. Bilindiği gibi üretim sürecine katılan temel girdilerden sermaye girdisi esas anlamda üretimde kullanılan çeşitli makine, teçhizat ve diğer alt yapı tesisatından oluşmaktadır. Bunlar tek bir üretim işleminde tümüyle yok olmamakta veya değişik niteliğe dönüşmemektedirler. Ancak zaman sürecinde bunların eski nitelik ve üretkenliklerini yitirdikleri kabul edilmektedir. Bu aşınma ve eskime sermaye tüketimi olarak nitelendirilir ve dolayısıyla üretim sürecinde yaratılan toplamdan ya bu miktar eksiltmek suretiyle üretimin net sonucu elde edilir veya böyle bir işlem yapılmaksızın üretim gayri safi bir toplam olarak ele alınır. Görüldüğü gibi herhangi bir seviyede yapılacak verimlilik ölçümünde söz konusu kavramlardan herhangi birisini toplam çıktı olarak kullanmamıza göre elde edeceğimiz verimlilik oranının kapsamı ve yorumlanması farklı olacaktır. Yukarıda değindiğimiz yurt içi ve milli hasıla kavramlarını da göz önüne alacak olursak ulusal ekonomi açısından yapacağımız kısmi veya toplam verimlilik ölçümlerinde toplam çıktı olarak “net yurt içi hasıla” , “gayri safi yurt içi hasıla” gibi dört değişik kavram kullanabiliriz ve elde edeceğimiz sonuçlar birbirinden farklı olur.

Ulusal ekonomi açısından ölçüm yapıldığında toplam çıktının içinde dolaylı vergilerin kapsamı kapsamamasına göre de farklılaşma olacaktır. Ekonomide toplam ürün ya üretilen mal ve hizmet miktarları ile fiyatlarının çarpımlarının toplanması ile elde edilir. Buna “piyasa fiyatları ile yurt içi (veya milli) hasıla” adı verilir. Toplam üretim aynı zamanda temel girdilerin toplanması ile de elde edilebilir ki buna da “faktör fiyatları ile yurt içi (veya milli) hasıla” denmektedir. Bu iki kavram arasındaki fark üretim süreci sonrası mal ve hizmet fiyatlarına konan dolaylı vergilerden gelmektedir. Piyasa fiyatları bu tür vergileri içerdiği için piyasa fiyatları ile ölçülen hasıla faktör fiyatları ile ölçülen hasıladan dolaylı (vasıtalı) toplamı kadar fazla olacaktır. Verimlilik ölçümlerinde bu iki kavramdan birisinin kullanılmasına göre sonuç farklı olacaktır. Bu iki tür ölçümün anlam ve amacı da farklılık gösterecektir. Örneğin, iktisadi refaha gösterge olması

amacıyla ölçüm yapıyorsak “piyasa fiyatları ile hasıla” kavramı daha anlamlıdır. Buna karşın, kısmi ve toplam girdi verimliliklerini saptama amacıyla ölçümde “faktör fiyatları ile hasıla” kavramı daha sağlıklı sonuç verecektir. Yukarıda değindiğimiz değişik çıktı kavramları sadece ulusal ekonomi düzeyinde yapılan ölçümlerde değil aynı zamanda sektör veya firma düzeyindeki verimlilik ölçümlerinde de geçerlidir. Örneğin, firma düzeyinde çıktıyı safi veya gayri safi olarak ele almak, veya piyasa veya faktör fiyatları ile ölçmek ulusal ekonomi düzeyindeki sorunların bu kez firma düzeyinde de alınması anlamına gelecektir. Özellikle sektör ve firma düzeyindeki ölçümlerde göz önüne alınacak diğer bir ayırım toplam üretim (üretim değeri) ile katma değer arasındaki farktır. Bu, üretim sürecinde kullanılan temel girdilerden emek ve sermaye yanı sıra ara girdiler olan ve genellikle endüstri (veya firma) dışı kaynaklardan satın alınan ham madde, enerji vs. gibi kalemlerin kapsam dışı tutulup tutulmamasına göre belirlenen bir farktır. Eğer sadece temel girdilerle değeri göz önüne alınırsa katma değere, temel girdilerle birlikte ara girdilerin değerleri de hesaba katılırsa toplam üretim değerine ulaşılabilecektir. Görüldüğü gibi toplam üretimden ara girdiler toplamı çıkartıldığında katma değeri elde etmek mümkündür. Verimlilik ölçümlerinde çıktının bu anlamda farklı oluşu da sonucu etkileyen önemli bir noktadır.

Son olarak verimlilik ile birlikte firma düzeyinde işletmenin performansını saptamak amacıyla kullanılan iktisadilik, rantabilite ve yeterlik derecesi (efficiency) gibi diğer kavramlara değinmek muhtemel yanılgıları önleme açısından yararlı olacaktır. Bilindiği gibi verimlilik çeşitli biçimlerde ölçülmüş çıktı ve girdilerin oranlanmasından elde edilmektedir ve fizik veya parasal birimlerde ifade edilebilir. “İktisadilik” kavramı ise parasal bir ifade olup firma üretiminin satış tutarının üretimin yapılması için katlanılan maliyet giderleri tutarına oranlanması ile elde edilmektedir. Bu anlamda;

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı (Toplam Üretim)}}{\text{Girdi}} \quad \text{iken,}$$

$$\text{İktisadilik} = \frac{\text{Üretimin Satış Tutarı}}{\text{Üretimin Maliyet Giderleri Tutarı}} \quad \text{olacaktır.}$$

Doğal olarak toplam üretim ile bunun satılan kısmından oluşan satış tutarı farklı olacaktır. Dolayısıyla, toplam üretim fiziki üretim kapasitesi ve verimliliğe göre değişirken satış tutarı satılan miktar ve satış fiyatı değişmelerine bağlı olarak değişecektir. Şu halde, bir firmanın iktisadi çalışıyor olması ya üretim ve satışların çok olması veya satış fiyatlarının yüksek olması ve bunlara karşılık maliyet giderlerinin düşük olmasına göre değişecektir. İktisadilik aynı zamanda firmanın karlılığına da ölçüt olarak kabul edilir. Zira üretimin satış tutarı üretimin maliyet giderleri ile kar toplamından oluşur. Bu durumda;

$$1. \text{ İktisadilik} = \frac{\text{Üretimin Maliyet Giderleri} + \text{Kâr}}{\text{Üretimin Maliyet Giderleri}} = 1 + \frac{\text{Kâr}}{\text{Üretimin Maliyet Giderleri}}$$

olarak da ifade edilebilir. Bu yüzden iktisadiliğe kârlılık diyenler de mevcuttur. Diğer bir kavram olan rantabilite ise doğrudan doğruya sermayenin karlılığını ölçmektedir. Yani;

$$2. \text{ Rantabilite} = \frac{\text{Kâr}}{\text{Sermaye}} \text{ dir.}$$

$$\text{Ancak; } \text{Kâr} = \text{Satış Tutarı} - \text{Maliyet Giderleri} \\ = (\text{Satış Miktarı} \times \text{Fiyat}) - \text{Maliyet Giderleri}$$

olarak tanımlandığı için;

$$\text{Rantabilite} = \frac{(\text{Satış Miktarı} \times \text{Fiyat}) - \text{Maliyet Giderleri}}{\text{Sermaye}}$$

olarak da ifade edilebilir. Görüldüğü gibi rantabilitenin artması için ya sermaye azaltılmalı veya satış miktarı ya da fiyat yükseltilmeli veya maliyetler düşürülmelidir. Yeterlik derecesi ise üretim sürecinde teknik açıdan önceden saptanmış Standardlarla elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıdır. Yani;

$$3. \text{ Yeterlik derecesi (efficiency)} = \frac{\text{Standard Miktar}}{\text{Gerçek Miktar}} \text{ dir.}$$

Yeterlik derecesi 1'e yaklaştıkça maliyetler düşecektir. Bu sonucu elde etmek ise firmanın rasyonel işlemlerini sağlayacak tedbirlerin alınmasına ve üretimin teknik koşullarına uyulmasına bağlıdır.

Verimlilik özet olarak, mümkün olan en düşük kaynak harcaması ile en yüksek sonuca ulaşmaktır. Görüldüğü gibi firma düzeyinde yapılan analizlerde

verimliliğin yanı sıra oldukça farklı anlam ve kapsamda başka oranlarda değerlendirme amacıyla kullanılmaktadır. Bunları birbirine karıştırmamak gerekir. Örneğin, yeterlik derecesini arttırmak için alınan tedbirler verimliliği arttırabilir ancak bunun için önemli sermaye artışı gerekmişse rantabilite sabit kalabilir ve giderek düşebilir. Aynı şekilde verimliliğin artması sonucu üretim (toplam çıktı) artabilir ancak satış miktarı sabit kalır veya kalırsa iktisadilik ve rantabilite azalacaktır. Kısacası, verimliliği yüksek her işletme mutlaka iktisadi, kârlı çalışan veya rantabl bir işletme olmayabilir. İşletme yönetiminde özellikle teknik personelin bu noktayı gözden ırak tutmaması gerekir. (Anonim 1992)

3.4 ISIL CİHAZLARDA VERİMLİLİK

Isıl cihazlar üzerinde verimi artırma ve emisyonları kısma amaçlı gerçekleştirilen değişiklik ve geliştirme çalışmalarının yanı sıra çevre dostu ısıtma yöntemleri arasında güneş enerjili ve jeotermal enerjili teknolojiler içeren uygulamalar ile çeşitli boy ve şekillerde, çeşitli alanlarda kullanıma giren uygulamaları saymak mümkündür.

Hpac (2004) çalışmasına göre ısıl cihazlar farklı şekillerde ve boyutlarda olabilir ancak tümü de genel olarak tek bir görev üstlenir. İster sanayi üretim süreçleri, ister elektrik santralleri, konut ısıtması veya içme suyu uygulamaları için olsun hepsi de buhar veya sıcak su formunda ısı sağlarlar. Ancak artan yakıt maliyetleriyle birlikte, çevre üzerinde ne kadar etkili olduğumuzun giderek daha da fazla farkına vardığımızdan, tasarım mühendisleri sadece ürünün son halini ve nasıl kullanıldığını dikkate almakla yetinememeli, hem kullanılan yakıt miktarı anlamında, hem de ortaya çıkan nitrojen oksit (NO_x), sülfür oksit (SO_x) ve karbon monoksit (CO) emisyon miktarları açısından enerjinin ne kadar verimli üretilbildikleri konusunda yakından ilgilenmek zorunda kalmaktadırlar.

Eğer konuyu enerji verimliliği ve kısıtlanmış emisyonlarla sınırlandırırsak, bu açıdan doğal eğilimimiz yoğuşmalı cihazların çözüm olarak dikkate alınması yönünde olacaktır. Yoğuşmalı cihazlar halen piyasada bulunan en verimli tipte ısıl cihazlardandır. Bu tür cihazlar, standart cihazlarla karşılaştırıldıklarında yakıtın yaklaşık % 90'ını ısıya çevirebilmekte ve sıradan cihazlardaki % 75-80'lik

kapasitenin çok üzerine çıkabilmektedirler. Yoğuşmalı cihazlar neredeyse her türlü ikamete özgü özel konut veya ticari binada rahatlıkla kullanılabilir.

Örneğin su borulu kazanlar ve yangın borulu kazanlar (adlarından da anlaşılacağı gibi) boruları kullanarak ya su borulu kazanlardaki gibi boruların içinde suyu ısıtır ya da alev-duman borulu kazanlarda olduğu gibi sıcak yanma gazlarını barındıran boruların çevresindeki odacıkları kullanılırlar. Yanmayla ortaya çıkan ısının tamamı maalesef ısıtma amaçlı olarak kullanılamaz ve ısının çoğu ortamdaki havaya karışarak kaybolur, bir kısmı da atık gazlara (dumana) karışarak yok olur. Yoğuşmalı kazanlar da ise baca gazlarından ısı elde etmek için fazladan bir ısı eşanjörü veya daha büyük boyutlu tek bir ana ısı eşanjörü kullanır. Böylece az ısı kaybı yaşanır ve kazan daha verimli çalışır hale gelir. Bildiğimiz alışlagelen kazanlar şimdilik enerji verimliliği açısından değerlendirildiklerinde % 79 ile % 85 arasında bir yıllık yakıt kullanım verimliliğine (YYKM) sahip olacak şekilde sınıflara ayrılabilirler. Yüksek verimli kazanlardaki YYKM oranına bakıldığında % 85 'in oldukça üstünde verime oldukları görülse de % 86 veya daha yüksek verimliliğe sahip kazanlarda baca gazları yoğuştuğu için bu cihazların daha yüksek standartlarda, paslanmaz çelik gibi bozulmayı önleyecek malzemelerden yapılmış olması gerekir. Ayrıca bu kazanlar sürekli yoğuşan gazların sahip olduğu düşük pH (asit düzeyi) düzeyine de direnebilmelidir. Bu tür kazanlar imal edildikleri malzemeden dolayı ilk yatırım maliyeti açısından bakıldığında aynı kapasitedeki yoğuşmasız bir kazana göre 3-4 kat pahalı olabilmektedir. Ancak bu kazanların gelişkin randıman düzeyine sahip olmaları işletme maliyeti açısından değerlendirildiğinde, ekonomik bir seçenek olmalarını sağlamakla kalmaz, ayrıca artan yakıt maliyet artışını karşılamalarına yardımcı olur.

Bir binanın ısıtma ihtiyacı düşünüldüğünde en çevre dostu ve tasarruf sağlayacak çözüm olduğundan yoğuşmalı cihazların kullanımı teoride mantıklı olsa da, bu cihazların değişken ve geleneksel kazanlardan daha kısa ömürlü olduklarını göz önünde bulundurmak faydalı olacaktır. Ayrıca yoğuşmalı cihazların yoğuşma yaptırabilmek için 50/30⁰C işletme koşullarında çalıştırılması ve ısıtıcı eleman (radyatör) kapasitesinin çok iyi hesaplanarak kullanılması gerekmektedir.

Bilgin (2006) çalışmasında belirttiği üzere ilk maliyet, ısı cihazlara yapılacak olan yatırımın en küçük kısmını oluşturmaktadır. Zaman içinde yapılacak olan yakıt ve bakım masrafları da yatırımın en büyük kısmını oluşturur, bu nedenle verimliliği artırıp, emisyonları ve yakıt tüketimini azaltan seçenekleri değerlendirmeye almak mantıklı olacaktır. Bazen **yanma verimliliği** veya **termal verimlilik** olarak da bahsedilen ısı cihaz verimliliği kazandaki enerji girdisinin enerji çıktısına olan oranıdır. Yukarıda bahsi geçen kavramlar genellikle birbirinin yerine kullanılsa da, kullanıldıkları ölçümleme yöntemleri ve güvenilirlikleri açısından büyük ölçüde değişiklik gösterirler.

Yanma verimliliği, gerçekten de brülör verimliliğini belirleyici bir unsurdur ve yanmamış yakıt miktarı ile kaçarak çıkan fazla havanın ölçülenmesiyle saptanır.

Termal verimlilik ise yanma işleminden elde edilen ısıyı kazandaki su veya buhara nakletmek için kullanılan ısı eşanjörünün sahip olduğu verimlilik ölçümüdür.

Her iki ölçümleme de faydalıdır. Ancak bu iki kavramdan hiç biri tek başına verimlilik konusunu açıklayamaz. Gerçek kazan verimliliği yayılım, basınç tankının kendisindeki konveksiyon kayıpları ve sistem unsurlarını hesaba katan verimlilik hesabıdır. Bu hesaplama zaman içinde aletlerin kullanımına göre belirlenir. Brülör, imalattan sonra kazan verimliliğinin ana itici gücü niteliğindeki unsurdur. Yüksek randıman kazana uygulanan ilgili tasarım aşamasındaki önlemlerin sonucunda elde edilebildiğinden mevcut makinenin işleyişini değiştirmenin yolu ya kaliteli bir brülör seçmekten ya da brülörde gerekli ayarlamaları yapmaktan geçer. Bazı imalatçı firmalar yüksek basınç düşümlü modelli, kaliteli fan ve damper tasarımlı ve basitçe bağlantılanarak monte edilebilen tasarımlı brülörlerin daha kolay ayarlanabildiğini ve gerekli hava-yakıt oranlarına sahip olma koşulunu sağladıklarını belirtiyorlar. Bununla birlikte bu konuda verilebilecek en iyi tavsiye sistemi basit tutmak olacaktır. En verimli ve etkili tasarımlar; bakımı ve işletimi en kolay olanlardır. Bir brülördeki bağlantı tasarımı çok karmaşıksa, ayarlanmış hava-yakıt oranını sabit tutabilmek zor olacaktır. Bunun sonucunda bacadan çıkan aşırı havada bir artış olabilir. Dışarıya atılan fazla hava miktarı arttıkça da, verimlilik düşecektir. Yüksek

modülasyon oranına sahip brülörler (10:1) doğal olarak daha verimli çalışır. Düşük modülasyon oranına sahip brülörler daha sık yanar ve daha fazla yakıt kullanırlar. Bir brülörü düşük bir ateşte tutmak, sürekli soğuk ateşte tutmaktan çok daha verimli bir yaklaşımdır. Brülör ayarlama stratejisi geliştirirken, prosedür açısından hem kazanın hem de brülörün üreticisine danışmak iyi sonuç verecektir.

Kazan geçişlerinin sayısıyla, kazan verimliliği arasında güçlü bir ilişki vardır. Basitçe özetlersek, geçişlerin sayısı ısıyı kazandaki suya ileten sıcak yanıcı gazların geçiş sayısına denk düşer. Geçişler ne kadar çoksa ısıyı iletme fırsatı da bir o kadar artar ve baca gazı sıcaklığı da aynı oranda düşer. Kazandaki geçiş sayısı basınç kabında olduğu gibi tasarıma özgü işlevlerden biridir ve sistemle ilgili özellikler belirlenirken göz önünde bulundurulmalıdır. Kazan kurulduktan sonra etkileyici bir değişiklik gerçekleşmesi ise makineye yapılan bakımın sıklığına ve türüne dayalıdır. Uygun bir bakım programı (hem koruyucu hem de öngörülü) uygulanırsa ve zaman içinde doğru şekilde uygulanması sağlanabilirse kazan optimal işlerlik göstererek çalışacaktır. Bu da verimli çalıştığı anlamına gelir. Kazana ilişkin bakım programı hazırlanırken yerleştirilmiş olan makinenin tipi ve boyutuna göre, kontrollerinin kazanın imalatçısının tavsiyeleri doğrultusunda yapılması önemlidir.

Çevre dostu kazanlar, emisyon seviyelerini azaltarak yakıtı verimli şekilde yakarlar. Konuyla ilintili yanma sonucu oluşan yan ürünler arasında NO_x, SO_x, CO gibi başka ürünler de bulunmakta, yakıtın yanışına bağlı olarak birçok uçucu organik bileşikler ile parçacıklı maddeler de açığa çıkabilmektedir. Doğal gaz ve propan kazanlarıyla ilgili emisyonlar biyodizel de dahil olmak üzere petrol bazlı yakıtlardaki kadar çevresel bir sorun oluşturacak öneme sahip değildir. Atmosferde bulunan NO_x ve SO_x doğrudan asit yağmuru ve ozonun üretimiyle ilgilidir. Ozon (O₃) doğal olarak oluşur ve yüksek seviyede bulunmadığı sürece zararsızdır. Ormanların yok oluşu, doğanın zarar görmesi ve kirli hava gibi olayların tümü yüksek seviyede ozon ve asit yağmurunun ortaya çıkmasıyla ilgilidir. Bu nedenle NO_x emisyonları kazan performansı gibi hususlar çözüme ulaştırılırken dikkatle göz önünde bulundurulması gereken hususlardır. SO_x su buharıyla karışarak atmosferdeki sülfürik asidi oluşturur, bunun da çevreye

zararı vardır. CO oluşumuna ise eski tür kazanlarda sıklıkla rastlanır ve oldukça yüksek konsantre CO, hastalığa ve hatta ölüme neden olabilir. Uçucu nitelikteki organik bileşikler ve parçacıklı maddeler ise metan ve/veya metan olmayan madde bazlı hidrokarbonlardır. Bu tür maddeler yakıtlardaki yanmayan ve insanlarla çevreye zararlı olabilecek unsurlardır. Çevreye zarar veren bu ana gazların çıktısını en aza indirmeye odaklanmak mevcut bir kazan tesisi kurulumunda çevre dostu ısıtma çözümleri oluşturma şansını büyük ölçüde güçlendirebilir. Emisyon Kısıtlama Yöntemleri Kaliforniya eyaleti yakıt tüketen araçların ürettiği ve 20 yıl önce elde edilmesi mümkün olmayan düzeylerdeki NOx miktarında kısıtlamalar yapılmasını zorunlu kıldığını açıklamıştır. Artık gelişmiş birçok ülkede yerel yönetimler yakıt yakan donanımlara özgü çevresel sorunlar hakkında bilgi sahibi olmaya başlamış ve benzeri kontrol mekanizmalarını uygulamaya almıştır. Bu yönetimler son kullanıcılara emisyon azaltımı karşılığında kredi vererek konuyla ilgili teşvik edici davranma çabası içindedirler. Kazanlardaki emisyonları azaltmak için pek çok sayıda yöntem vardır. Ancak bunları gerçekleştirmek için alınan önlemlerin yakıt yan ürünleri ile makinelerin verimliliği üzerinde ne kadar etkili olduğunu anlamak gerekmektedir. Günümüz piyasalarında kazan imalatçıları, emisyonların azaltılması ve verimliliğin artırılması konusunda yoğun tasarım faaliyetlerini yürütmektedir. Üretici firmalar, ihtiyaçlara uygun doğru cihazların seçimine yardımcı olmakta ve arzu edilen çevre dostu çözümü elde edebilmek için gerekli işlev ve özellikler hakkında bilgi vermektedir. Sistemin özellikleri açısından uygun olarak ayarlanmış otomatik kazan kontrol sistemi, verimlilik ve emisyon değerleri söz konusu olduğunda büyük bir fark oluşturabilecektir. Modüler kazan tesislerinde kullanılacak doğru seri kontrol mekanizması ile de tüm sistemlerde sıcak su yeniden üretilebileceğinden, bu husus etkin ve verimli bir işletim açısından dikkat çekici nitelikte olabilecektir.

Sonuç olarak tüm sistemin sürekli hizmet içinde kullanılmasını şart koşacak, sistemde olan biteni önceden öngören ve sistemi tehlikelere karşı koruyan önlemlerle donatılı esnek bir otomatik kontrol sistemi ve bakım programı ısıtma cihazlarından tam verim alabilmek için kurulacak sistemin bel kemiğini oluşturmaktadır. Doğru nitelikteki çevre dostu ısıtma yaklaşımı; doğru

yakıt, brülör ve kazan seçimi, ısı kayıpları minimize edilmiş işletmenin ihtiyaçlarına uygun olarak planlı enerji tüketimi, zararlı emisyonları azaltmak ve ısı verimliliği arttırmak için gerekli kontrol teknolojilerinin anlaşılması gibi belli başlı hususları içeren kapsamlı bir yaklaşım olmalıdır. (Hpac 2004)

3.5 MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİ

3.5.1 SICAK SULU ISITMA SİSTEMLERİ

Dağsöz (1998) kitabında, bir sıcak su sisteminin genel olarak sıcak su kazanı, su taşıyıcı borular, ısıtıcı elemanlar, sirkülasyon pompası, genleşme tankı, otomatik kontrol ekipmanları ve çeşitli donatım ve ara parçalardan oluştuğunu belirtmiştir. Isıtıcı akışkan olarak sıcaklığı 110°C değerinin altında olan sıcak su kullanılır ancak uygulamalarda genellikle 90°C değeri aşılmaz. Sıcak su kazanında üretilen sıcak su borularla, ısıtılacak hacimlere yerleştirilmiş radyatör, konvektör, hava apareyi gibi ısıtıcı elemanlara taşınır. Bu ortamda ısını oda hacmine bırakan sıcak su soğuyarak kazana geri döner.

Sistemde suyun dolaşımı sirkülasyon pompaları ile sağlanır. Sirkülasyon pompalarının gidişe takılması tavsiye edilir. Tesisatta mevcut suyun ısıtılması sırasında artan hacim genleşme tankı adı verilen kaplarda depolanır ve suyun soğumasını takiben genleşme tankında depolanan su tekrar tesisata verilir.

Sıcak sulu sistemler çeşitli özelliklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- a. Dolaşım şekline göre
 - Doğal dolaşım
 - Cebri dolaşım
- b. Uygulama kapasitesine göre
 - Bireysel ısıtma
 - Kat kaloriferi
 - Merkezi blok ısıtması
 - Bölgesel ısıtma

- c. Genleşme tankına göre
 - Açık genleşme tanklı
 - Kapalı genleşme tanklı
- d. Boruların dağıtım ve toplama şekline göre
 - Alttan dağıtım ve toplama
 - Üstten dağıtım ve toplama
 - Üstten dağıtım ve alttan toplama

Doğal dolaşimli sıcak su sistemlerinde su gravite yardımı ile dolaşır. Kazanda ısınan su hafifler ve sistemin üst kısımlarına çıkar. Burada radyatörlerde soğuyup ağırlaşarak tekrar kazana geri döner. Dolaşım hızı geliş ve gidişteki su sıcaklıkları arasındaki farka bağlıdır. Basınç farkları küçük olduğu için, büyük boru çapları gerektirir. Genellikle çift borulu olarak yapılır. Çift borulu sistemler içinde ise; sürtünme kayıplarının daha dengeli dağıldığı üstten dağıtım alttan toplama sistemi doğal dolaşım için en uygun çözümdür. Doğal dolaşimli sistemler bugünkü uygulamada yerlerini tamamen pompalı sistemlere bırakmışlardır.

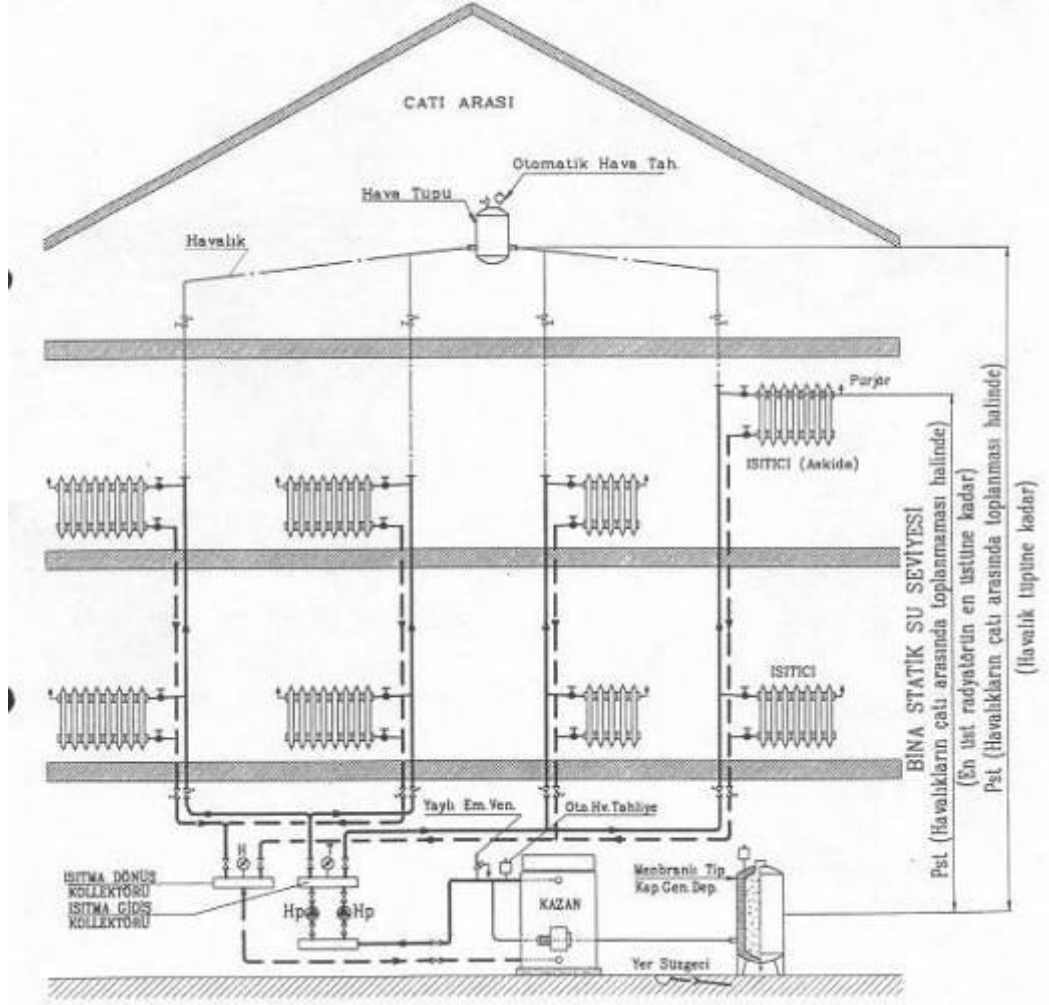
3.5.2 POMPALI SICAK SULU ISITMA SİSTEMLERİ TESİSATLARI

Pompalı sistemlerde sistemin bütün elemanlarında iyi bir dolaşım temin edilebilmektedir. Isıtma yükündeki değişmelere uygun olarak sistemdeki suyun sıcaklığı her noktada hızlı bir şekilde değiştirilebilir boru çapları doğal dolaşıma göre daha küçük tutulabilir. Bu sistemde suyun çalışma sıcaklıkları esnekler. 90 °C olan çalışma sıcaklığı için dizayn edilmiş bir sistem, bahar ayları gibi ısı yükün az olduğu zamanlarda daha düşük sıcaklıklarda çalıştırılabilir. Kısacası, konfor ısıtmasına uygunluğu, esnekliği, ucuzluğu ve basitliği pompalı ısıtma sistemlerinin tercih nedenleridir.

3.5.2.1 İki borulu pompalı sıcak su sistemleri

Bu sistemde her ısıtıcıya biri besleme ve diğeri toplama olmak üzere iki boru hattı ulaşır.

Altan Dağıtım Altan Toplamalı Sistemler

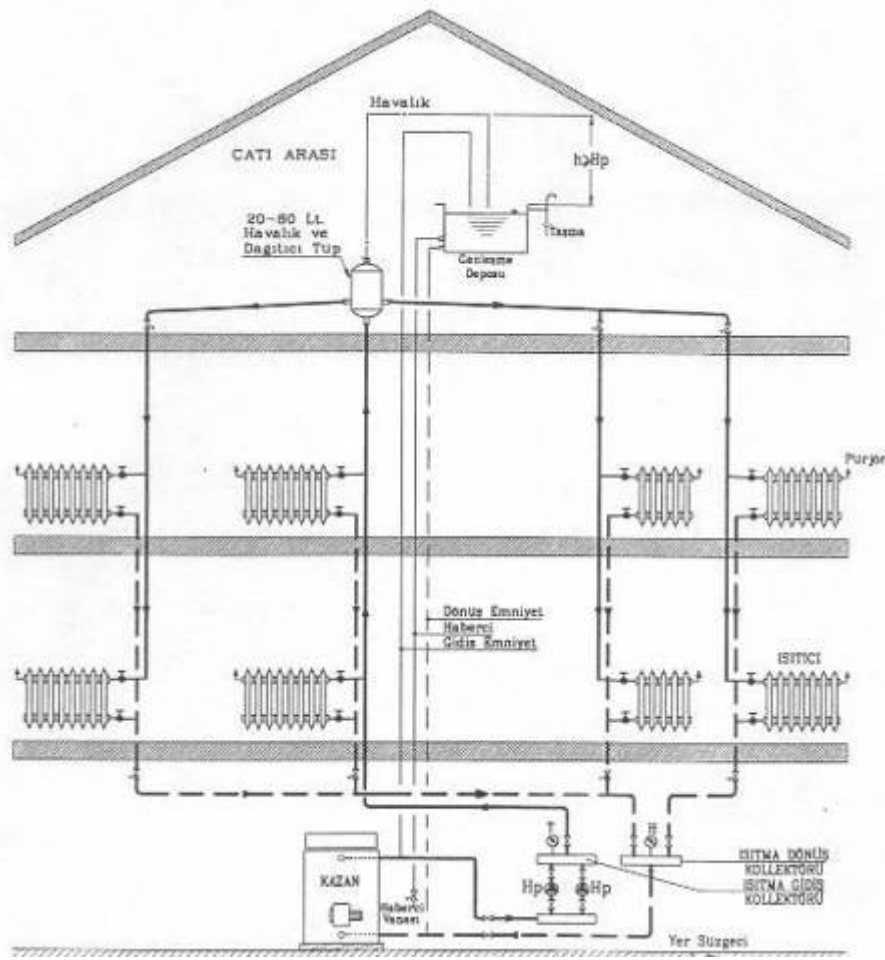


Şekil 1. Altan Dağıtım Altan Toplamalı Sistem (Anonim 2006)

Şekil 1' de alttan dağıtım ve alttan toplama sistemi görülmektedir. Bu sistemlerde genellikle bodrum kata yerleştirilen sıcak su kazanından çıkan ana besleme borusu sirkülasyon pompaları emiş kollektörüne gelir. Pompa çıkış kollektörü ise dağıtım kollektörü görevi yapar. Dağıtım kollektöründen yatay ana besleme boruları ile bodrum katı tavanı seviyesinde istenilen noktalara dağıtım yapılır. Bu noktalardan besleme kolonu adı verilen dik borularla su üst katlara ulaşır. Her radyatöre branşmanlarla besleme kolondan sıcak su bağlanır. Radyatör dönüşleri ise birer branşmanla besleme kolonuna paralel toplama veya dönüş kolonuna bağlanır. Dönüş kolonları bodrum katta toplanan ana borular ile birleşirler. Böylece bütün radyatörlerden toplanan su dönüş kollektörüne ulaşır. Binanın en üst seviyesinde genişleme kabı vardır. Bu kap

gidiş ve dönüş emniyet boruları adı verilen birer boru ile kazan giriş ve çıkışına arada hiçbir vana olmayacak şekilde bağlıdır. Ayrıca bütün çıkış kolonları bir havalık borusu ile genişleme borusuna bağlıdır. Yatay borulara ve branşmanlara eğim verilmelidir. Böylece sistem içinde oluşacak havanın en üst noktaya doğru kendiliğinden akarak boşalması sağlanır. Bu sistemlerde doğal dolaşım pompaya yardımcı olmaktadır.

Üstten Dağıtım Alttan Toplamalı Sistemler

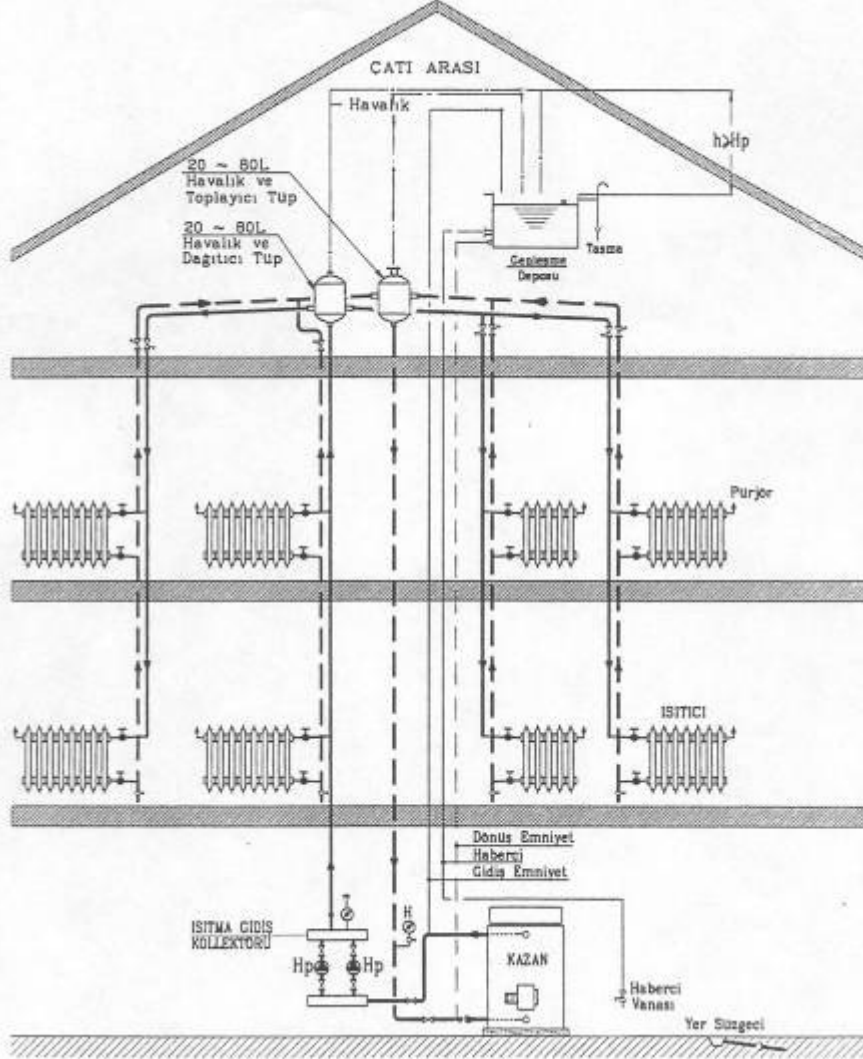


Şekil 2. Üstten Dağıtım Alttan Toplamalı Sistem (Anonim 2006)

Üstten dağıtım alttan toplamalı sistemlerde ise kazandan çıkan ana besleme kolonu ile su çatı katına ulaşır. Buradan %1 veya %2 eğimli dağıtım boruları ile çatı içinde düşey kolonlara ulaşılır, düşey besleme kolonları ve branşmanlarla radyatörler sıcak su ile beslenir. Dönüş ise bir önceki sistemin

aynısıdır. Üst kata çıkan gidiş borusunda en üst noktada hava tüpü, ½" hava boşaltma vanası ve otomatik pürjör montajı yapılmalıdır. Bu noktadan düşey kolonlara doğru giden borulara %2 eğim verilmelidir.

Üstten Dağıtım Üstten Toplamalı Sistemler



Şekil 3. Üstten Dağıtım Üstten Toplamalı Sistem (Anonim 2006)

Eğer bodrum katta boruları geçirmek üzere hiçbir yer yoksa, şemsiye sistemi de denilen üstten dağıtım üstten toplamalı sistemler kullanılabilir. Sistem pompa yardımı ile doğal dolaşıma karşı çalıştığı için, 90/70°C sistemin basınç kaybı hesabında 1 m düşey boru için 12.5 mmSS eklenmelidir. (Gidiş ve dönüş boruları toplamında 25 mmSS/m eklenmelidir.) iki kattan yüksek yapılarda radyatör vanalarıyla reglaj yapılması teorik olarak su dağıtımını dengelese de, ses problemi nedeniyle zorunlu kalınmadıkça bu sistem

seçilmemelidir. Çatı ısı merkezlerinde (yüksek yapılarda) gidiş ve dönüş en alt kata inip, dağıtım alt kattan yukarı doğru yapılmalı, yükselen gidiş borularının havalıkları yine çatıda toplanmalıdır.

Alttan dağıtım alttan toplamalı sistemler klasik sistemler olup;

- Daha az boru kullanıldığından ucuzdur.
- Borularda ısı kaybı daha azdır.
- Sistemde basınç dağılımı dengesizdir. Bu nedenle kolon ve radyatör muslukları ile yapılacak reglaj ayarı çok önemlidir.

Üstten dağıtım alttan toplamalı sistemler ise daha pahalı ancak daha dengeli bir çözüm olarak bilinmektedir.

3.5.2.2 Tek borulu dağıtım sistemleri

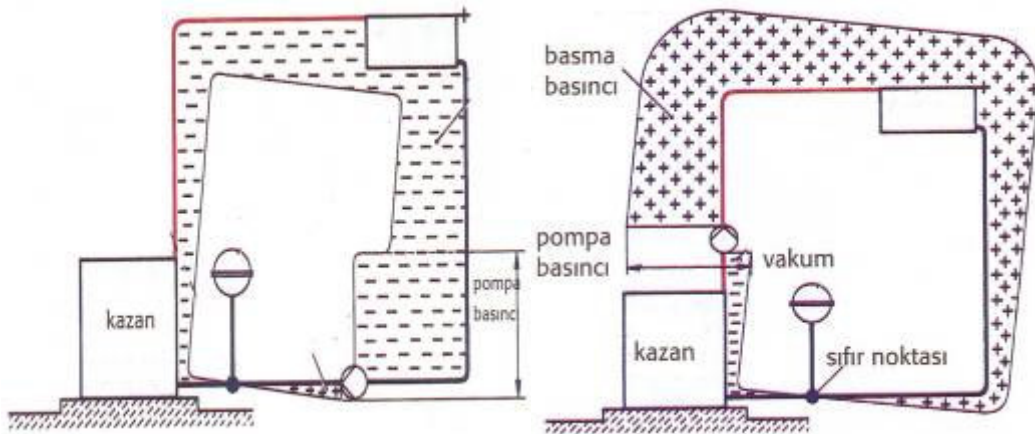
Tek borulu dağıtım sisteminde kazandan çıkan ana besleme borusu sıra ile bütün radyatörleri dolaşır. Her radyatör gereği kadar sıcak suyu bir branşman ile ana borudan alır. Ana boruda kesit daraltılır. Radyatörde soğuyan su tekrar ana boruya verilir. Her radyatörden sonra ana borudaki suyun sıcaklığı biraz düşer bütün radyatörleri dolaşarak soğuyan su kazana döndürülür. Sistemin ana özellikten dolayı aynı hat üzerinde kullanılacak radyatör sayısı sınırlıdır. Gidiş borusu önce kuzey yönündeki radyatörlere verecek şekilde dağıtım yapılması, 25.000 kcal/h' e kadar olan kapasitelerde yeterli düzeltmeyi pratik olarak sağlayacaktır. Daha çok radyatör kullanılması gerektiğinde; özellikle çok katlı binalarda paralel tek borulu dağıtım sistemleri kullanılır. (Isısan, 1999)

Bu sistemler boru yatırımından önemli ekonomi sağladıkları ve ısıtılan hacimde az boru bulunması nedeniyle estetik olarak çift borulu sistemlere göre daha avantajlıdır. Özellikle kat kaloriferi gibi küçük çaplı uygulamalarda çok yaygın olarak kullanılırlar.

Tek borulu sistemlerin en önemli problemlerinden biri de ana borudan radyatöre alınan su debisinin ayarındır. Bunun için genellikle uygulanan yöntem radyatör altında ana boru çarpını daraltmaktır. İkinci yöntem ise özel fitting kullanmaktır. Ayrıca radyatör vanalarından reglaj yapma olanağından da yararlanılabilir. Bu sistemin avantajları;

- Montajı basittir.
- Sistem ucuzdur.
- Sistem kat kat düzenlenirse, her daireye verilen ısının ölçülmesi mümkündür.
- Daha az delik delme gereksinimi vardır.

3.5.2.3 SİRKÜLASYON POMPASININ YERİ VE SİSTEMDE BASINÇ DAĞILIMI



Şekil 4. Pompa Dönüşte
(Anonim 2006)

Şekil 5. Pompa Gidişte
(Anonim 2006)

Açık Genleşme Depolu Sistemler

Şekil 4 ve 5' de pompalı sıcak su sistemlerinde pompanın emiş veya basma hattında olması durumunda sistemde pompanın yarattığı fark basıncının dağılımı görülmektedir. Genleşme kabının sisteme bağlandığı nokta, statik veya durgun noktadır. Bu noktada pompanın yarattığı fark basıncı sıfırdır. Bu noktadan çıkış yönünde pompaya kadar emiş (negatif basınç), pompadan bu noktaya kadar (akış yönünde) basma (pozitif basınç) oluşur. Genellikle genleşme kabı kazana bağlandığından; pompa basma tarafında ise, bütün borularda pompanın yarattığı fark basıncı pozitifdir. Pompa emişte ise tam tersine pompanın yarattığı fark basıncı negatif değerdedir.

Sistemdeki herhangi bir noktadaki basınç ise; söz konusu noktadaki suyun statik basıncı ile fark basıncının toplamına eşittir. Özellikle üst katlarda toplam basınç değeri ilginçtir. Eğer pompa basma hattında ise toplam basınç statik

basınç ile pompanın yarattığı emiş basıncının (pompa basıncının) farkına eşittir. Eğer statik basınç, o noktadaki pompanın emiş basıncından küçükse söz konusu noktada negatif basınç, yani vakum ortaya çıkar. Vakum halinde hem vana kafalarından, hem hava tüplerinden sisteme hava emilir; hem de suyun içinde erimiş hava açığa çıkar. Buna pratikte hava yapma adı verilir. O halde pompa emiş hattında ise, pompanın basıncı hiçbir noktada, oradaki statik basıncı geçmemelidir. Bu açıdan en kritik noktalar en üst kattaki radyatörlerdir. Bu radyatörlerle, genleşme deposundaki su seviyesi arasındaki seviye farkı pompa basıncından büyük olmalıdır. Sirkülasyon pompasının basma tarafına konması halinde sistemde hava yapabilecek kritik nokta olmayacaktır.

Bu nedenle yüksek basınçlı pompaların kullanıldığı sistemlerde pompa mutlaka basma hattına konulur. Açık genleşme deposunun çatı arasına konmadığı, dolayısı ile yeterli statik basınç sağlanamayan küçük sistemlerde de pompa gidişe monte edilmelidir. Pompanın basma tarafında olmasının tek sakıncası daha yüksek su sıcaklıklarıyla çalışma zorunluluğudur. Ancak günümüzde basit dolaşım pompaları da 120 °C sıcaklığa kadar problemsiz çalıştığı için; gidişe monte edilen pompalarda sorun oluşmaz. Sonuç olarak sirkülasyon pompaları alışkanlıkların tersine, mutlaka gidişe monte edilmelidir.

Kapalı Genleşme Depolu Sistemler

Kapalı genleşme depolu sistemlerde, genleşme deposu genellikle kazan dairesinde ve alçakta bulunur. Kapalı deponun sisteme bağlandığı nokta yine durgun noktadır ve dolaşım pompasının yarattığı fark basıncı sıfır değerindedir. Bu noktadaki statik basınç ise; genleşme deposundaki sıkıştırılmış gaz tarafından uygulanan basınç değerindedir. Pompa kapalı genleşme depolu sistemlerde de kazan çıkışında olmalıdır. Genleşme kabı ise kazan girişinden önce bağlanır. Dolayısı ile bütün boru şebekesi pozitif basınç altında tutulur. Bu durum özellikle 100 °C üzerindeki kızgın su sistemlerinde ve çatı katı kazan dairelerinde çok önemlidir. Boruların herhangi bir noktasında buharlaşma olmaması için, her yerde toplam basınç buharlaşma basıncından daha yüksek olmalıdır. Çatı ısı merkezlerinde sistemin susuz kalma riskini azaltmak için; genleşme deposu kazan üst seviyesinden yukarıya monte edilmelidir.

3.5.3 DOĞALGAZ KAZANLARI

Merkezi ısıtma tesislerinde kullanılan kazanların sınıflandırılması çeşitli kriterlere bağlı olmak üzere aşağıdaki gibi yapılabilir.

Kazan yapımında kullanılan malzemenin cinsine göre;

- Dökme dilimli kazanlar
- Çelik kazanlar

Kazan ocağının tipi, tasarlanma biçimi ve gazın ocaktan dışarıya atılmasına göre;

- Tam yanışlı kazanlar
- Alttan yanışlı kazanlar

Kullanılan yakıtın cinsine göre;

- Gaz yakıtlı kazanlar (Doğal gaz, LPG)
- Sıvı yakıtlı kazanlar (Motorin, fuel-oil)
- Katı yakıtlı kazanlar (Odun, kömür, v.s.)

Yanma odasının basıncına göre;

- Karşı basınçlı kazanlar (Üflemlerli Brülörlü)
- Karşı basınçsız kazanlar (Atmosferik Brülörlü)

Isıtıcı akışkanın cinsine göre;

- Sıcak sulu kazanlar
- Kaynar sulu kazanlar
- Alçak basınç buharlı kazanlar
- Yüksek basınç buharlı kazanlar

Kazanın yapısal tasarımı açısından;

- Alev borulu kazanlar
- Alev duman borulu kazanlar
- Duman borulu kazanlar
- Su borulu kazanlar
- Radyasyon kazanları

Kazanın biçimi açısından;

- Yarım silindirik kazanlar
- Yatık konumlu silindirik kazanlar
- Dik konumlu prizmatik kazanlar

Doğal gazın özelliği dolayısıyla, doğalgaz kazanlarında dizayn ve konstrüksiyonunda bazı farklılıklar oluşturulmalıdır. Kullanma ısı verim şartları aşağıdaki biçimde tanımlanabilir:

- Doğal gaz alevinin radyasyon kabiliyeti az olduğu için, doğal gaz kazanlarında konveksiyon yüzeyleri büyük öneme sahiptir. Bu yüzeyler çok iyi düzenlenmelidir.
- Baca gazları içerisinde su buharı oranı çok yüksektir. Bu nedenle soğuk yüzeylerde yoğuşma olmaması ve korozyonun önlenmesi gerekir.
- Düşük sıcaklık ısıtmasına uygun olmalıdır. Korozyona dayanıklı özel alaşımlı döküm kazanlar, doğal gaz yakılması halinde sıcak su kazanı olarak büyük avantaj sağlar.
- Zayıf radyasyon özelliğine bağlı olarak, ocak sıcaklığı yüksektir. Özellikle çelik kazanlarda suyla soğutulmayan yüzey bırakılmamalıdır.
- Doğal gaz hemen hiç kükürt içermediği için doğalgazlı kazanlarda sadece nitrik asit ve karbonik asit etkilerinden söz edilebilir.
- Doğal gaz yakılması halinde duman tarafında kurum ve kül oluşmaz ve periyodik temizlik gereksinimi ortadan kalkar.
- İşletme ve bakım giderlerindeki azalma dolayısıyla doğalgaz kazanlarında en az %2 ısı verim eşdeğeri bir avantaj söz konusudur.

3.5.3.1 Atmosferik Brülörlü Doğalgaz Kazanları

Bu kazanlarda yanma olayı düşey doğrultuda gerçekleşir ve göreceli olarak daha küçük bir yanma odası yeterlidir. Yanma için gerekli hava doğal çekiş ile sağlanır. Gaz ile hava karışımının yakılması atmosferik yakıcılarda gerçekleşir. Gaz yakıt normal basıncı ile bir lüleden geçerek yanma odasına üflenir. Birincil hava lüleden enjeksiyon prensibi ile emilir ve yakıtla karışır. İkincil hava ise baca çekişi ile sağlanır. Bu nedenle yanma odası altı açıktır. İkincil hava emişinin etkilenmemesi için kazan duman çıkış ağzına gaz akım sigortası denilen özel bir alet konur. Atmosferik brülörlü kazanlarda hava fazlalık katsayısı yüksektir. Dolayısıyla duman gazlarındaki su buharı yoğuşması kazanda ve bacada daha az olur. Ayrıca döküm kazanlarda, konveksiyon yüzeylerinde kanat ve çıkıntılar yapılarak yüzey sıcaklıkları yükseltildiğinden,

yoğuşma tamamen önlenebilmektedir. Özellikle mevcut bacaların kullanılması gerektiği durumlarda atmosferik brülörlü kazanlar tercih edilmelidir. Atmosferik brülörlü kazanlar doğal çekişle çalıştığından son derece sessizdir.



Şekil 6. Atmosferik Brülörlü Kazan (Anonim 2006)

Atmosferik brülörlü kazanlarda NO_x ve CO emisyonu kontrolü, yakma tekniği açısından en önemli problemdir. Bu iki bileşenin birden istenilen limitlerin altında kalabilmesi için yakıcıda özel önlemler alınmalıdır. Almanya'da 1993 yılında bu tip kazanlarda NO_x sınırı 200 mg/kWh ve CO sınırı 175 mg/kWh değerindedir. Ancak Hamburg ve Zürih'de çok daha düşük değerler istenmektedir.

Atmosferik brülörlü kazanlar 700 kW güce kadar kullanılabilir. 350-700 kW güç aralığında özellikle sessizlik istendiğinde, üflemlü brülörlü kazanlarla rekabet edebilir. 700 kW'ın üzerinde ise üflemlü brülör tercih edilmelidir. Bu değerlendirmede esas kriterler ses ve maliyettir. Yanma tekniği açısından her iki tip de eşdeğerdir.

Basınç Emniyet Düzeni

Bu özelliklerin başında emniyet gelir. Atmosferik brülörlü kazanlarda güvenli bir yanma için gaz basıncı belli değerlerin altına düşmemeli veya üstüne çıkmamalıdır. Bina girişindeki regülatörden 21 mbar 'da binaya ve kazana beslenen gaz, kazan girişinde sabit 20 mbar basıncında olmalıdır. Eğer bu basınç brülör sisteminin öngördüğü değerlerin altında olursa, doğal gaz kazan dışına kazan dairesinden yayılır. Memelerden belirli bir basınçla püsküren gaz

çevreden birincil havayı da emerek beklere girmektedir. Eğer gaz basıncı düşük olursa memeden çıkan gaz beke ulaşmadan çevreye yayılacaktır. Tam tersine gaz basıncı çok yüksek olursa, memeden çıkan gaz jeti çok yüksek hızda olacak ve birincil hava ile istenen ön karışım sağlanamayacaktır. Böylece bekteki yanma stabilitesi bozulacak ve yanmamış ürünlerin ocakta veya bacada tutuşması tehlike oluşturacaktır.

Bu tehlikelerin ortadan kaldırılabilmesi için doğal gazlı atmosferik brülörlü kazanlarda,

- Normal doğal gaz brülörleri, gaz basıncındaki (+/-) %15 değişimde çalışabilir. Basıncın daha fazla düşmesi ve artması yangın riski oluşturur.
- Düşük basınç emniyet düzeni bulunmalıdır. (Doğal gaz basıncı 10 mbar 'ın altına düştüğünde düşük basınç presostadı gaz devresindeki valfi kapatır. Böylece doğal gazın kazan dairesine dağılma tehlikesi önlenir.)
- Yüksek basınç regülatörü bulunmalıdır. (LPG kullanıldığında 100 mbar 'a, doğal gaz kullanıldığında ise 50 mbar 'a kadar olan basınç artışlarını düzelten bir regülatör sistemi gaz basıncını istenen değerlere düşürür.)

Çift Manyetik Ventil

Kapasite ne olursa olsun, yanmaya gönderilen gazı kontrol eden iki adet manyetik ventil olmalıdır. Bu ventillerden herhangi birinde arıza olursa gaz devresi kapanmalı ve arıza sinyali vermelidir.

Otomatik Ateşleme ve İyonizasyon ile Alev Kontrolü

Ateşleme sisteminin otomatik olması gerekir. En çok bilinen ateşleme sistemi pilot alev kullanılmasıdır. Ancak bu yöntemde önemli ölçüde gaz tüketimi söz konusudur. Modern doğal gaz kazanlarında otomatik ateşleme sistemi mevcut olup, bu sistem gaz verilmeden 10 sn. gibi kısa bir süre önce devreye girer. Yanma karşılıklı iyonizasyon ile kontrol edilir.

Düşük Kirlenici Emisyonu

Çevre kirliliği yönünden atmosferik brülörlü kazanlarda atmosfere atılan en tehlikeli yanma ürünleri azotoksitler (NOx) ve karbonmonoksit (CO) gazlarıdır.

Diğer kirletici emisyonları bu kazanlarda söz konusu değildir. CO insan sağlığı için, NOx hem insan sağlığı hem de bitki örtüsü için tehlikeli ve zararlı maddelerdir. Atmosferik brülörlü doğal gaz kazanlarının baca gazları içinde bu ürünlerin bulunabileceği en yüksek değerler sınırlandırılmıştır. Bu sınırlar Almanya'da DIN tarafından NOx = 200 mg/kWh , CO = 175 mg/kWh olarak belirlenmiştir. Yine Almanya'da böyle bir kazanın çevre dostu olduğunu göstermek üzere verilen "Mavi Melek" amblemini alabilmesi için üst emisyon sınırları; NOx = 175 mg/kWh , CO = 100 mg/kWh şeklindedir. İyi bir doğal gaz kazanının "Mavi Melek" amblemine sahip olabilecek emisyon değerlerine inmiş olması gerekir.

Otomatik Kontrol Sistemi

Değişen dış sıcaklık şartlarına ve değişen işletme şartlarına göre kazan kapasitesini otomatik olarak ayarlayan ve verimi sürekli optimum noktada tutan bir otomatik kontrol sistemi (Ecomatic panel) bulunmalıdır. Bu sayede yıl boyunca en az yakıtla en fazla konfor sağlanmış olur. Örneğin Bursa ilinde ısıtma mevsiminde dış hava sıcaklığı (+17 °C) ile (-3 °C) değerleri arasında (toplam 20 °C) değişmektedir. Oysa dış hava sıcaklığı günde (2 °C) ile (14 °C) değişebilmektedir. (Ortalama 7 °C) sonuçta otomatik kontrol yaklaşık 7/20 = %35 oranında yakıt sarfiyatını ve konforu etkileyebilmektedir.

Uzun Ömür ve Yüksek Kaliteli Malzeme

Özellikle doğal gaz söz konusu olduğunda, yoğunlaşan nemin yarattığı korozyona dayanıklı kaliteli malzemeden yapılmış, uzun ömürlü kazan kullanılmalıdır. Bu açıdan, iyi dizayn edilmiş döküm kazanlar büyük avantaj sağlamaktadır.

Düşük Sıcaklık Isıtmasına Uygunluk

Bursa ilinde kazan suyu ortalama sıcaklığı yaklaşık ~ 55 °C'dir. Kazan yapısı 35 °C su sıcaklığına kadar kondensasyon oluşmayacak konstrüksiyona sahip olmalıdır. Düşük sıcaklık ısıtması ayrıca ekonomi ve konfor sağlayacaktır.

Yüksek Isıl Verim

İstenilen ölçüde yakıttan ekonomi elde edilebilmesi için, kazan ısı veriminin yüksek olması gerekir. Yüksek verimli kazanlarda baca gazı sıcaklığı düşüktür ve kazan yalıtımı kusursuzdur.

3.5.3.2 Üflemeli Brülörlü Doğalgaz Kazanları

Anonim (2006)'da üflemeli brülörlü kazanlarda su ile çevrili kapalı bir yanma odası söz konusu olduğu belirtilmiştir. Gerekli hava cebri olarak fanla temin edilir ve yüksek basınçlı brülör kullanıldığında ocakta karşı basınç adı verilen pozitif bir basınç oluşur. Brülör ve yanma odası birbirine uygun olmalıdır.

Gaz yollarının direnci fazla olan kazanlarda önemli bir problem ilk ateşleme sırasında ortaya çıkar. İlk kalkışta ocakta ani ısınan gazların sıkışması ile normal çalışma basıncının 6 misli mertebesinde basınç olur ki, bu da kazanda titreşim ve sarsıntılara yol açar. Bu nedenle bu tip kazanların düşük alev başlangıçlı brülör ile donatılması veya iki kademeli brülör kullanılması gereklidir.

Üflemeli Brülörlü Dökme Dilimli Doğal Gaz Kazanları

Doğal gazlı kazanlarda asıl ısı geçişi konveksiyon yüzeylerinde gerçekleşir. Yüzeyler üzerinde yoğuşma olmaması için kazan su sıcaklığının 55 °C 'nin altına düşmemesi gerekir. Özel alaşımlı döküm kazanlar duman tarafındaki yoğuşma dolayısıyla ortaya çıkan korozyona dayanıklıdır. Ayrıca kazan konstrüksiyonu önem kazanmaktadır. Özel konstrüksiyonlar sayesinde çok daha düşük dönüş suyu sıcaklıklarında dahi yoğuşma yapmadan çalışabilecek "Düşük Sıcaklık Kazanları" adı verilen kazanlar tasarlanmıştır.

Düşük sıcaklık kazanları, ısıtma sistemlerinin verimini arttırmak ve değişken sıcaklık taleplerine sorunsuz cevap verebilmek amacıyla geliştirilmişlerdir. Dış hava ve ortam sıcaklıklarının değişimine göre ısıtılan mekanların sıcaklık ihtiyaçları da dönemden döneme farklılık göstermektedir. Standart sıcak sulu ısıtma sistemlerinde çalışma sıcaklıkları yani kazana dönen suyun ve kazandan çıkan suyun sıcaklıkları yüksek olmaktadır (Örneğin

90/70°C). Kazan içinde yoğuşma ve dolayısıyla korozyona imkan vermemek için özellikle doğal gaz kullanımında dönüş suyu sıcaklığını yükseltmek gerekmektedir. Bu işlem, standart ısıtma sistemlerinde kazan çıkış suyunun bir by-pass pompası vasıtasıyla, kazan dönüş suyuna karıştırılması ile gerçekleştirilir. Ayrıca, kazan sıcaklıklarının ve yoğuşmayı arttırmamak için hava fazlalık katsayılarının yüksek tutulması, baca gazı sıcaklığının yükselmesi yani daha fazla enerjinin bacaya atılması anlamına gelmektedir. Bütün bu olumsuzluklar, standart sıcak su kazanlarının yüksek verimli olsalar dahi, pratikte çok daha düşük verimlerle işletilmesine sebep olmaktadır.



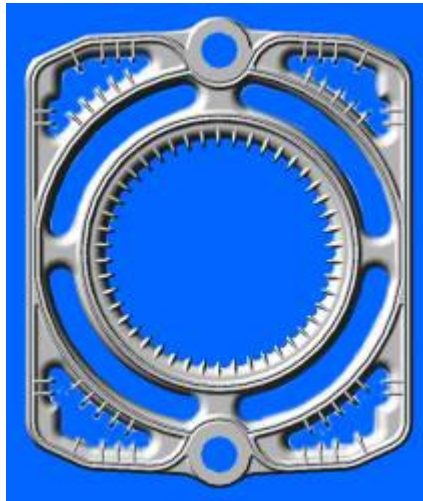
Şekil 7. Dökme Dilimli Üflemlü Brülörlü Kazan (Anonim 2006)

Genel olarak 35-40°C dönüş suyu sıcaklıklarında çalıştırılabilen kazanlara düşük sıcaklık kazanları denilmektedir. Ancak pratikte, her kazan geçici olarak çok daha düşük dönüş suyu sıcaklıklarında çalışmak zorunda kalmaktadır. Özellikle ilk çalışma esnasında, kazana dönen suyun sıcaklığının çok düşük olması, kazan yüzeylerinin soğuk olması ve baca gazı sıcaklığının hemen yükselmemesi nedeniyle bir miktar yoğuşma oluşması normaldir. Modern bir düşük sıcaklık kazanı, tesisin değişen ısı ihtiyacına cevap verecek farklı işletme sıcaklıklarında sorun yapmadan çalışabilen bir kazan olmalıdır. Bu nedenle, düşük sıcaklık kazanlarında genellikle yoğuşma oluşumunun önlenmesi veya azaltılması amaçlanmaktadır. Ayrıca, kazan meydana gelen yoğuşmadan etkilenmeyen bir konstrüksiyona sahip olmalıdır. Döküm yüzey yapısının korozyona karşı dayanıklı olması nedeniyle, döküm kazanlar düşük sıcaklık ısıtmasına daha uygun olmaktadır.

Isıtma sistemlerinin düşük sıcaklıkta işletme şartlarında arıza yapmadan çalışabilmesi, eski sistemlerde, kazan geri dönüş suyu sıcaklığını yükseltmeye, yüksek çıkış suyu sıcaklığını ihtiyaca göre ayarlamaya çalışan tesisat elemanlarına olan ihtiyacı ortadan kaldırmıştır. Bu da sistem ilk yatırımının düşmesine ve kontrol sistemlerinin basitleşmesine yol açmaktadır. Çalışma sıcaklıklarının düşük olması kazanların yüksek ısıl şoklara maruz kalmasını önleyerek kazan ömrünü uzatmaktadır.

Yanma sonucu oluşan duman gazları içinde bulunan su buharı, duman gazının sıcaklığı su buharı çığ noktasının altına indiğinde sıvı hale geçer. Gaz pasajlarında biriken su, kazan konstrüksiyonu izin veriyorsa bir süre sonra kazan altından sızmaya başlar. Ancak, duman gazı pasajlarında biriken suyun tahliyesini kolaylaştıracak özel tedbirler alınması gerekmektedir.

Duman gazı içindeki su buharının çığ noktası, gaz içindeki CO₂ miktarına bağlı olarak değişir. Doğal gaz içindeki CO₂ yüzdesi sıvı yakıta nazaran daha düşük olduğu için, sıvı yakıtta %10 değerinin altında kalan su buharı oranı doğal gazda %17 gibi yüksek değerlere çıkar. Su buharı oranı yüksek olduğundan çığ noktası da yüksek olur. Doğal gazın yanması sonucu oluşan duman gazı 55°C sıcaklığın altında yoğuşmaya başlar. Yani kazan malzemesinin sıcaklığı bu değer altına düştüğünde yüzeylerde yoğuşma başlayacaktır. Bu nedenle yoğuşmanın önlenmesi, doğal gaz ile çalışan kazanlarda daha önemli olmaktadır.



Şekil 8. Üç Geçişli Döküm Kazan Dilimi Örneği (Anonim 2006)

Doğal gaz kullanımındaki artış ve dökme gaz sistemlerindeki yaygınlaşma, yüksek verimli ve uzun ömürlü ısıtma sistemlerine karşı daha ciddi bir talep oluşmasına yol açmıştır. Çelik kazanlara nazaran ortalama 2-3 kat pahalı olmalarına rağmen, döküm kazan kullanımı gün geçtikçe artmakta ve yaygınlaşmaktadır.

Döküm kazanın tercih edilmesinde önemli rol oynayan üstünlükleri şöyle sıralayabiliriz:

- Gaz yakıttaki yüksek su buharı oranı, yoğuşma ve kazan malzemesi yüzeyinde oksitlenme nedeni ile korozyona sebep olur. Döküm işlemi sırasında, yüzeyinde oluşan korozyondan etkilenmeyen silisçe zengin tabaka nedeniyle, döküm kazan yoğuşmadan etkilenmez ve korozyona uğramaz. Bu nedenle döküm kazanlar çelik kazanlara göre daha uzun ömürlüdür.
- Korozyona maruz kalmadıkları için “Düşük Sıcaklık Isıtması” için en ideal kazanlardır.
- Döküm kazanda baca gazı sıcaklığı çok daha aşağılara çekilerek ısı verim yükseltilebilir. Isıl verimi artırmak maksadıyla, ısıtma yüzeylerini kanatlı yapmak, döküm kazanda çok daha kolaydır.
- Döküm kazan dilimli olarak satıldığı için, duvar yıktırmadan her yere taşınıp yerinde monte edilebilir. Bu mevcut ısıtma sistemlerinin yenilenmesinde büyük kolaylık sağlar.
- İstenildiğinde döküm dilim ilavesi ile döküm kazanın gücünü artırmak mümkündür.
- Son zamanlarda geliştirilen esnek döküm teknolojileri sayesinde malzemenin kimyasal bileşimi ayarlanmak suretiyle, döküm kazanın termal şoklara karşı dayanımı artırılmış ve böylece daha uzun ömürlü olması sağlanmıştır.
- Dilim değiştirme imkanı, bakım ve tamir kolaylığı sağlar. (Anonim 2006)

Üflemlili Brülörlü Çelik Doğal Gaz Kazanları

Klasik tip çelik kazanlarda yoğuşmanın önlenmesi için kazan su sıcaklığı yüksek tutulmalıdır. Bu amaçla, ısıtma sisteminde, 3 veya 4 yollu otomatik

kontrollü karıştırma vanaları ve akıllı kontrol paneli kullanarak kazan su sıcaklığı hep 90°C 'de tutulurken, sisteme gönderilen su sıcaklığı yüke göre değiştirilmelidir. Bu koşullarda yoğuşma önlenirken verim düşecek, yakıt tüketimi artacaktır.



Şekil 9. Çelik Gövdeli Sıcak Su Kazanı (Anonim 2006)

Doğal gazda kullanılacak çelik kazanlarda aşağıdaki özellikler aranmalıdır:

1. Özel alaşım çelikten imal edilmelidir.
2. Doğal gaz yakmak üzere dizayn edilmiş olmalıdır. (Her kazanda doğal gaz yakılabilir. Ancak ömür, verim ve güvenlik nedeniyle yeni konstrüksiyonlar yapılabilir.)
3. Yoğuşmanın önlenmesi için kazan su sıcaklığı, sistemde 3 veya 4 yollu otomatik kontrollü karıştırma vanaları kullanarak, yüksek tutulmalıdır.
4. Özellikle birinci geçişte duman boruları aynaya kaynak edilmeli ve boru uçlarındaki fazlalıklar traş edilmelidir.
5. Kazan tamamen sızdırmaz olmalı, duman kutusu kapakları özel conta ile donatılmalıdır.
6. Duman boruları dar kesitli olmalı, içlerine türbülötör yerleştirilmelidir.
7. Brülör adaptörü ve kapaklar refrakter ile kaplanmalı ve duman kapakları ayrıca sıcaklığa dayanıklı malzeme ile ısıya karşı yalıtılmalıdır.
8. Kazanların kapısında özel izolasyon malzemesi kullanılmalıdır. Kapının cehennemliğe yani yanma hücrelerine bakan kısmında 1450°C sıcaklığa mukavim, sürtünmelere karşı dayanımı çok yüksek, gözenekleri az,

çarpmalara (alev erozyonu) ve termal şoklara dayanıklı refrakter betonu kullanılmalıdır.

9. Kazan yanma hücresi içindeki yüksek ısı dışarı atılmadan kazan içinde tutulmalıdır. Kazanların ısı verimlerinin yüksek olmasındaki en önemli etkenlerden biri budur. Refrakter betonu ile kapak sacı arasında ise, refrakterin tuttuğu ısının dışarıya atılmasını engellemek amacıyla, yoğunluğu düşük, gözenekli yapılı, ısı iletkenliği çok düşük olan izolasyon betonu kullanılarak fazla ısınma engellenmelidir. Bu sayede sadece izolasyon betonu uygulamasına göre, hem brülör kapılarının dolayısıyla kazanın daha hafif olmasına, hem de kapıdaki ısı kayıplarının yaklaşık olarak % 45 – 55 arasında daha az olmasına yol açmaktadır.
10. Kazanlarda insan sağlığına zarar veren asbest, amyant gibi izolasyon malzemelerine kesinlikle yer verilmemelidir.
11. Brülör kapısı ile ön ayna arasında sızdırmazlık amacıyla cam elyaf bazlı fitiller kullanılmalıdır.
12. Brülör kapısı ile brülör arasındaki sızdırmazlığı sağlamak amacıyla 1260°C sıcaklığa dayanıklı seramik elyaf bazlı izolasyon plakası kullanılmalıdır.
13. Duman sandığı üzerindeki temizleme kapağının yalıtımı için 750°C sıcaklığa dayanıklı seramik elyaf bazlı izolasyon malzemesi kullanılmalıdır.
14. Brülör namlusu ile refrakter arasındaki boşluğun izolasyonu için 1000°C sıcaklığa dayanıklı seramik elyaf battaniye kullanılmalıdır.
15. Kazan gövde izolasyonunda 60 mm kalınlıkta alüminyum folyo kaplanmış cam yünü şiltesi kullanılarak ısı kayıplar minimize edilmelidir.
16. Kazanların baca gazı sıcaklığı genellikle 160–170°C arasında değişmektedir. Kazan baca çıkışında meydana gelebilecek yoğunlaşma suyunun tahliyesini kolaylaştırmak için arka duman sandığının altına kondens çıkışı olmalıdır. Kazan gidiş ve dönüş hatları emniyet bağlantı ağızları, gidiş ve dönüş flanşlarının üzerinde bulunmalıdır. (Anonim 2006)

3.5.3.3 Kazanların Dönüşümü

Mevcut katı yakıtlı kazanları doğal gaz yakar hale dönüştürülmesi veya yeni bir doğal gaz kazanı ile değiştirilmesi mevcut kazanın yaşına, durumuna, boyut ve tipine bağlıdır. Aşağıdaki durumlarda kazanın yeni bir kazanla değiştirilmesi daha iyi olacaktır.

- 1) Sistem için çok büyük veya çok küçük ise,
- 2) Mekanik durumu zayıf ise,
- 3) Ömrünün sonuna yaklaşmış ise,
- 4) Uygun bir brülör bulunamayacak tipte ise.

5) Yaşından büyük çelik kazanlarda, yarım silindirik ve radyasyon tipi kazanların doğal gaza dönüştürülmesi yerine, yeni bir döküm doğal gaz kazanı ile değiştirilmesi daha uygundur. 350 kW gücün altındaki kazanların değiştirilmesi daha ekonomiktir. Bu durumda ayrıca baca problemleri ile de karşılaşılmayacaktır.

Sonuç: Mevcut kazanların doğal gaza dönüşümü için yapılacak masraflar yeni bir kazan bedelinin %20-30'u mertebesinde dir. Bu kazanların ömrü de doğal gaz kullanıldığında 3-5 yıl mertebesinde olacaktır. Bu süre içerisindeki mevcut kazanların fazladan yaktığı yakıt miktarı ise yaklaşık olarak yeni bir kazan bedeli kadar olacaktır. Buna göre klasik kazanların doğal gaza dönüşümünün 3-5 yıl sonraki maliyeti, yeni bir kazan almaya göre ortalama 2,5 katı daha pahalı olacaktır. Bu süre içerisinde bakım ve tamir masrafı yapılacak, arıza nedeniyle ısıtmada kesintiler olabilecektir. (Anonim 2006)

3.5.4 BRÜLÖRLER

Anonim (2006) çalışmasında brülörlerin satın alma bedelinin, bir yılda tükettiği yakıt bedelinin %2 ile %8'i kadar olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle brülörlerin seçiminde çok dikkatli olmak gerekir. Brülörleri seçerken emniyet, kazana uyum, bakım ve servis kolaylığı, ömür, anma verimi ve işletme verimi faktörlerine dikkat edilmelidir. Brülörlerin en iyisini satın almak, her zaman en iyi çözüm olacaktır. Brülörler genel olarak sıvı ve gaz yakıtlı olmak üzere iki kısma ayrılır.

3.5.4.1 Sıvı Yakıt Yakan Brülörler

Sıvı yakıt brülörleri üç grupta toplanabilir:

- 1) Buharlaştırmalı brülörler (Karbüratör)
- 2) Pompalı brülörler
- 3) Dönel brülörler



Şekil 10. Sıvı Yakıt Brülörü (Anonim 2006)

Isıtma amacı ile buharlaşmalı brülör kullanımı yaygın değildir. Kalorifer kazanlarında daha çok diğer iki tip brülör kullanılır. Pompalı brülör 400kg/h kapasitelere kadar monoblok olarak yapılır. Fan, pompa, motor, filtre, ısıtıcı ve kontrol elemanları kendi üzerindedir. Tam otomatik, tek veya çift kademeli olabilir. Kumanda on-off veya oransal olabilir. Özellikle büyük kapasitelerde oransal kontrol yakıt ekonomisi sağlar.

Dönel brülörlerde ise yakma havası ayrı bir fanla sağlanır ve bir kanalla brülörlerin özel girişine adapte edilir.

Sıvı yakıtlı brülörlerin seçiminde dikkat edilecek noktalar:

- 1) 100.000 kcal/h kapasitenin altındaki fuel-oil brülörlerinde arıza yapma oranı çok yüksektir. Brülör memeleri tıkanıp için tesisat kesintiye uğrayabilir. Konfor öncelikli tesislerde, arıza, çevre kirliliği, yakıt donması ve temizlik gibi nedenlerle, bu kapasitenin altında motorin kullanılmalıdır.
- 2) Monoblok brülörler 350 kg/h kapasiteye kadar kullanılmalıdır.

- 3) Oransal kontrollü brülörler 300 kg/h kapasiteden sonra ekonomik olmaya başlar.
- 4) Dönel brülörler 100 kg/h kapasiteden başlamasına rağmen 500kg/h kapasitenin üzerinde daha çok kullanılırlar ve genellikle oransal kontrollüdür.
- 5) Küçük kapasiteli (10 kg/h a kadar) brülör seçiminde brülör kataloğundaki eğrilerde:hesaplanan yakıt miktarındaki fan basıncının, kazan karşı basınç değerinin yaklaşık 2 katı olması istenir. Karşı basınçlı kazanlarda bu değer daha da fazladır. Buradaki dan basıncı, brülör kayıplarından sonraki net kullanılabilir toplam basınçtır.
- 6) 10 kg/h dan büyük kapasitelerde çift memeli (iki kademeli) brülörler tercih edilmelidir. Çünkü üreticinin kataloglarında belirtilen gaz tarafı direnci, kazanların rejim halindeki direncidir. İlk ateşleme sırasında direnç bu değer 6 katına ulaşabilir. İki kademeli brülör kullanılması halinde, ilk ateşleme anında düşük alevle başlanacak, dolayısı ile aşırı basınç artışı, buna bağlı sarsıntı ve gürültü azaltacak, brülör kirlenme ve tıkanmasının önüne geçilebilecektir. Almanya ve İsviçre'de bu nedenle bu kapasite aralığında iki kademeli brülör kullanımı şart koşulmaktadır. İki kademeli brülörlerde klasik sistemde önce birinci kademe; 10 saniye sonra ikinci kademe devreye girer. Diferansın sonunda iki kademe birden devreden çıkar. Sıcaklık diferansı ise sabittir.

Brülör seçiminde öncelikle bilinmesi gerekli değerler;

- Yakıt yakma kapasitesi
- Yakıt basıncı
- Yakma havası miktarı
- Fan basıncı

Yanma odası geometrisi, buna göre belirlenecek meme açısı ve tipi olarak sayılabilir.

Gerekli yakıt miktarı;

$$B = \frac{Q_k}{H_u \times n} \quad [kg/h]$$

ifadesinden bulunabilir. Burada ;

Q_k : Kazan kapasitesi

H_u : Yakıtın alt ısı değeri

n : Kazan ısı verimi

Brülör seçilirken, gerekli yakıt miktarı değeri, kataloglarda belirtilen, brülör çalışma aralığının ortasında kalacak şekilde olmalıdır. Yakıt basıncı, meme seçimi ile ilişkilidir. Brülörden yanma odasına atılacak yakıt miktarı, meme seçim eğrilerinde meme kapasitesi ve yakıt basıncına bağlı olarak verilir. Yakma havası miktarı,

$$V_h = B \times V_h \quad [Nm^3/h] \text{ olarak belirlenebilir.}$$

Burada v_h (Nm^3/h) özgül hava miktarıdır.

Fan basıncı, kazan karşı basınç değerinin 2 katı veya üzerinde olacak şekilde seçim yapılır. Kullanılacak meme açısı yanma odası boyutlarına bağlıdır. Dar ve uzun yanma odalarında 45° açılı, geniş ve kısa yanma odalarında 60° açılı meme kullanılmalıdır.

Brülörün alt kısmı bitmiş döşemeden yaklaşık 30 cm yukarıda olacak şekilde kalorifer kazanı beton kaideleri yükseltilmelidir. (Brülörün yerdeki tozları emerek lans memesinin tıkanmasını önlemek için) (Isısan,1999)

Sıvı yakıtların yanması sonucu oluşan alev parlak sarı renklidir ve radyasyon özelliği çok yüksektir. Bu nedenle özellikle endüstriyel kazanlarda fuel oil yakılmasında sarı alevli brülörler kullanılır. Ancak sıcak su kazanı uygulamalarında sarı alev su ile soğutulan yüzeylerle temas ettiğinde is ve kurum oluşur. Ayrıca bu tür alevlerde özellikle küçük kapasitelerde CO oranı fazla düşürülemez.

Mavi alevli brülörler, sıcak su üretiminde mazot brülörü olarak geliştirilmiştir. Bu brülörlerde oluşan alev aynen doğal gaz alevi gibi mavi renktedir ve kazanda kurum oluşumu tamamen önlenmiştir. CO ve NOx oranları, gerçekleşen tam yanma sonucu, en düşük limitleri sağlayacak şekilde düşük ve sifıra yakındır.

Mavi alevli brülörde emisyon değeri CO=20, NOx=95mg/kwh olarak gerçekleşmektedir. Halbuki en düşük emisyon limitleri olarak bilinen Almanya Mavi Melek Amblemi Sınırları:CO=80, NOx=130 mg/kwh İsviçre emisyon

sınırları CO=61, NO_x=123 mg/kwh değerindedir. Bu tip brülörlerde, yakıt özel bir alev borusunda resirküle edilen gazlarla ısıtılarak yanmadan önce tamamen buharlaştırılır. Daha sonra hava ile karışarak aynen bir gaz gibi ocakta yakılır. Böylece alevin radyasyon özelliği azalır, aynen doğal gaz gibi temiz ve tam yanma sağlanır.

100 kW mertebelerine kadar domestik kullanımda, mavi alevli sıvı yakıt (Motorin) brülörleri özel yapıları nedeniyle; motorini buharlaştırıp gaz yakıt halinde yakabilmektedirler. Bu özellikleri nedeniyle bu brülörler,

- 1) Kurumsuz ve issiz yanma (Tam yanma) sağlar.
- 2) Kalorifer kazanları her gün temizlenmediği için; kazanda biriken kurum, gazların kazan içinde soğumasını önler ve baca gazı sıcaklığı yükselir.
- 3) Kazandaki ve bacadaki kurumun temizlenmesi ve pisliği sorunu oluşmaz.
- 4) Kurumun neden olacağı kazan geri tepmesi ve yangın riski ortadan kalkar.
- 5) Kurumdan oluşacak brülör arızası söz konusu değildir.
- 6) Yüksek verimli yanma sağlar.
- 7) CO ve NO_x emisyonu düşüktür.
- 8) Yakıt tüketimi azdır.
- 9) İşletme ve bakım maliyetleri düşüktür.
- 10) Mavi alevli brülörlerde radyasyon ile ısı transferi çok düşük oranda gerçekleştiği için mavi alevli brülörler ancak kg/kw değeri yüksek olan kazanlarda ısıtma kapasitesi düşmeden kullanılabilir.

3.5.4.2 Doğal Gaz Brülörleri

Doğal gaz brülörleri iki ana gruba ayrılır:

- 1) Atmosferik brülörler
- 2) Üfleli brülörler

Atmosferik Brülörler

Bu tip brülörlerde birincil hava, basınçlı doğal gazın bir lülede genişlemesi sırasında, enjeksiyon prensibi ile çevreden emilir. İkincil (secondar) hava ise

termik olarak, alevle ısınıp yükselen gazlar yerine açık olan yakıcının altından emilir. Alevin oluşumu yukarı doğrudur.

Atmosferik brülörler basit yapıları ve iyi bir yanma verimine sahip olma dolayısı ile son yıllarda merkezi ısıtmada 700.000 kcal/h kapasitelere kadar kullanılabilmektedir. Ancak bu tip brülörleri kullanan kazanların yapılarının da özel olması gerekir. Bu nedenle atmosferik brülörler kazanla birlikte satılır.

Üflemeli Brülörler

Tek kazanda 600.000 kcal/h gücün üstünde kapasite gerektiren tesislerde üflemeli brülörleri kullanmak daha ekonomik olmaktadır. Üflemeli brülör üzerinde bir ateşleme elektrodu ve bir alev emniyet düzeni bulunur. Bu brülörlerde türbülator olarak isimlendirilen parça alevin stabilitesini ve geri tepmemesini sağlar. Üflemeli brülörlerdeki vantilatör hem yanma için havayı, hem de kazandaki yük kayıplarının bir kısmını karşılar. Üflemeli brülörlerde ses istenmiyorsa, özel susturucu brülör hücresi kullanmak gerekir. Ayrıca baca çıkışına da baca susturucusu monte edilmelidir.



Şekil 11. Üflemeli Gaz Brülörü (Anonim 2006)

Üflemeli brülörler kontrol sistemine göre üçe ayrılır:

1. Tek kademeli ON-OFF kontrol: Burada çekilen ısıya bağlı olarak brülör durup kalkarak çalışır. Ancak sıvı yakıttan farklı olarak, kalkış hızını belirli ölçüde ayarlama olanağı vardır.
2. İki kademeli ON-OFF kontrol: Burada brülörler iki kademedeki çalışır. Kalkış birinci düşük kademedeki olur. Birinci kademe ihtiyacı

karşılayamazsa, ikinci kademe belli bir süre sonra devreye girer. Daha büyük güçlerde ve karşı basınçlı kazanlarda iki kademeli brülörler kullanılmaktadır.

3. Oransal kontrollü brülörler: Bu brülörler sanayi amaçlı büyük güçlü kazanlarda kullanılır. İkinci kademede yükü orantılı olarak gönderilen yakıt miktarı ayarlanır.

Konutlarda ısıtma amacı ile kullanılan üflemlerli brülörler geniş bir kapasite aralığında kullanılırlar. Monoblok brülörlerde 10 kW güçten 5.000 kW güce kadar ulaşabilmektedir. Tek kademeli brülörlerin kullanılmasına 300 kW ' a kadar izin verilmesine rağmen genel olarak 100 kW'dan sonra kullanılmamalıdır. Çift kademeli brülörlerin kullanma sınırı merteye olarak 1.200 kW 'a kadardır. Daha büyük kademelerde oransal kontrol uygundur.

Alev Emniyet Kontrol Düzeni

Doğal gaz yakıldığında sıvı yakıt brülörlerinde kullanılan fotoseller kullanılmaz. Alevin donuk mavi rengi dolayısı ile farklı bir alev emniyet düzeni kullanılmalıdır. Bu düzen alevi sürekli kontrol ederek, herhangi bir sönme durumunda ana emniyet vanasını kapatır.

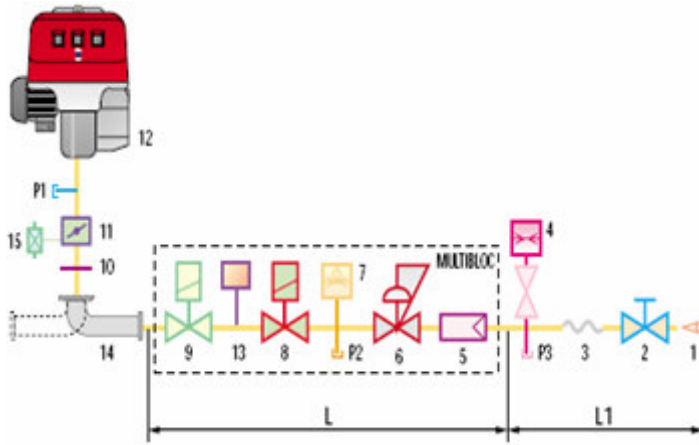
Gaz Kontrol Hattı

Brülöre gaz akışını kontrol eden elemanlara gaz kontrol hattı adı verilir. Gaz kontrol hattı brülörüm atmosferik veya üflemlerli olmasına göre değişmez. Elemanlar ve uygulama aynıdır. Bu hatta bulunan elemanlar üç ayrı kalite sınıfında üretilir. Doğal gaz tesisatında kullanılacak elemanların sınıfları uygulamaya bağlı olarak standartlarca tanımlanmıştır. Ancak 1.sınıf (A sınıfı) elemanların kullanılması her zaman güvenlik açısından önerilir.

Daha büyük kapasitelerde temel fonksiyonlar aynı kalmakla birlikte daha karmaşık bir yapı ortaya çıkar. Buna karşılık 100 kW güce kadar kombine gaz kontrol elemanları kullanılabilir ki bu elemanlar devredeki bütün fonksiyonları içeren tek cihazlardır. Bu durumda sadece bir küresel vana ve filtre yeterlidir.

Gaz kontrol hattında güvenlik açısından her zaman iki adet manyetik ventili ve düşük basınç presostatı kullanılması önerilir.

Multiblok gaz hattında bulunan ekipmanlar:



1. Gaz giriş borusu
2. Küresel gaz kesme vanası
3. Titreşim sönümlenme elemanı
4. Manometre
5. Filtre
6. Regülatör
7. Minimum gaz basınç presostatı
8. Emniyet selenoidi (VS)
9. Ayar selenoidi (VR)

Şekil 12. Multiblok Gaz Hattında Bulunan Ekipmanlar (Anonim 2006)

Yapılan ayarlar:

- Ateşleme anında (hızlı açma)
- Maksimum gaz debisinde (yavaş açma)

10. Gaz armatürü bağlantı flanş
11. Kelebek gaz ayar valfi
12. Brülör
13. Gaz kaçak kontrol cihazı (opsiyonel)
14. Gaz hattı-brülör bağlantısı
15. Maksimum gaz basınç presostatı

L1 : Kullanıcı tarafından temin edilecek ekipmanlar

L : Brülör üretici firması tarafından brülör ile birlikte standart olarak verilen komponentler

P 1: Yanma başlığındaki basınç

P 2: Regülatör çıkışındaki basınç

P3 : Filtreden önceki basınç

Gaz Kontrol Hattındaki Ana Elemanlar

- 1) **Küresel Vana:** Gaz hattında giren gazı elle kesmek için kullanılır. Doğal gazda kullanılmaya uygun vanalar olmalıdır.
- 2) **Filtre:** Gaz borularından gelebilecek toz v.s pisliklerin hassas kontrol vanalarında zarar vermemeleri için küresel vanadan sonra kullanılır. Filtreler kaset içinde yıkanabilir, sentetik, üç kat malzemedendir yapılır . Filtre kapağının üzerinde diferansiyel manometre veya prostat bağlamak için iki adet ölçü nipel bulunur.
- 3) **Manometreler:** Değişik kademelerde basıncı görebilmemize yarar. Özellikle filtreden önce ve basınç regülatöründen sonra konur.
- 4) **Basınç regülatörü:** Şebeke basıncını brülörde gerekli sabit besleme basıncına düşürür. Girişteki basınç ne kadar değişirse değişsin , regülatör çıkışında sabit bir değer elde edilir. Bu brülörün düzgün çalışması için şarttır. Çıkış basıncı isteğe göre ayarlanabilir. Basınç regülatörü, aynı zamanda kullanılacak doğal gaz debisini de ayarlar.
- 5) **Basınç Otomatiği(Presostat):** Tesisatındaki gaz basıncı brülörün çalışabileceği minimum basınç değerlerinin altına düşünce selenoid vanaya kumanda ederek gaz beslemesini keser. Büyük sistemlerde üst basıncı kontrol eden aynı bir basınç otomatiği (presostat) kullanılır.
- 6) **Manyetik Ventil (selenoid vanalar):** Gaz kontrol hattının sonunda manyetik vanalar kullanılır. Bu vanalar brülör durunca gazı kesen, çalışmaya başlayınca da açan ana elemanlardır ve kesin sızdırmaz olmalıdır. Manyetik vanaların çeşitli tipleri vardır. Ancak bütün tipler hızlı kapamalıdır.(bir saniyenin altında) Açma süreleri ise hızlı veya yavaş olabilir. Ayrıca manyetik vanalar 80 kw dan büyük kapasitelerde çift kademeli olmalıdır. Kontrol hattında 300.000kcal/ h gücün üzerinde iki adet manyetik vana kullanılması alışkanlığı vardır.Ancak her kapasitede iki adet vana kullanımı önerilir.Böylece yeterli sistem güvenliği sağlanır. Büyük kapasitelerdeki oransal kontrollü hatlarda ise motorlu vana kullanılır ve elektronik veya pnömatik kontrolle geçen gaz debisi ayarlanabilir. Bu durumda aynı zamanda hava debisi de uygun olarak ayrı motorlu klapelerle kontrol edilir.

Çift Yakıtlı Brülörler

Çift yakıtlı brülörler üflemlerli brülörlerin hem sıvı yakıt, hem de doğal gaz yakabilen kombine tiplerdir. Ancak çift yakıtlı brülörler 1000 kg/h ve daha büyük kapasiteli tesislerde (termik santraller, büyük fabrikalar v.b) doğal gazı kesintili tarifeden ucuza almak için kullanılır. 500kg/h değerinden daha küçük kapasitelerde verim, işletme servis problemleri nedeniyle tercih edilmeleri pratik değildir. Ayrıca satın alma maliyeti çok fazladır.

3.5.5 GENLEŞME DEPOLARI

Anonim (2006) çalışmasında kalorifer tesisatının su genellikle şehir şebekesinden doldurulduğu belirtilmiştir. Doldurma anındaki sıcaklığı ise mevsim sıcaklıklarına bağlı olup genellikle 10°C civarındadır. Kalorifer kazanı çalıştığında tesisatın işletme sıcaklığına örneğin 55/45°C , 70/55°C veya 90/70°C kazan suyu ısınacaktır.

Isınan suyun sıcaklığı örneğin 10 C doldurma sıcaklığından 90 C ' ye çıkınca hacimsel genleşme söz konusu olup tesisattaki hacimsel büyüme genleşme kabı ile karşılanır.Ayrıca dış hava sıcaklığına göre muhtelif çalışma sıcaklıklarında daima hacim değişimleri söz konusudur.Genleşme kapları bu hacimsel değişimleri karşılar.Aynı zamanda sistemin güvenliğini yani basıncın yükselmemesini ve sisteme gerekli su desteği görevlerini de yerine getirir. Genleşme kaplarını aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz:

- 1) Açık genleşme kapları
- 2) Kapalı genleşme kapları-membranlı-(perdeli)
- 3) Kapalı ve membransız genleşme kapları

3.5.5.1 Açık Genleşme Depoları

Atmosfere açılan kaplardır ve sıcak sulu ısıtma sistemlerinde boru tesisatının en üst noktasının veya en üst noktadaki radyatör seviyesinin daha üstünde bir seviyeye yerleştirilirler. Böylece tesisatın en üst noktasını oluştururlar ve sistemi atmosfere açarlar. Bütün tesisat bu depo seviyesine kadar su ile doludur.

Suyun buharlaşması, çeşitli kaçaklar, tamir ve bakım gibi nedenlerle kaybolan su, bu depodan takviye edilir. Açık genleşme kabındaki suyun belirli bir minimum değer altına düşmesi halinde elle veya bir şamandıra yardımı ile otomatik olarak dışarıdan sisteme su basılır. Açık genleşme deposu faydalı hacmi sistemde genişleyen suyu alabilecek büyüklükte seçilir. Sistemin su ile doldurulması sırasında bütün havanın sistemi terk etmesi gerekir. Bunun için üst kattaki bütün radyatörlerde hava boşaltılabilir olmalıdır. Aynı şekilde sistemde ters U şeklinde boru geçişleri varsa bunların en üst noktadan havalandırılması gerekir. Havalık boruları bu amaçla sisteme dahil edilirler.

Havalık boruları sonuçta genleşme kabından atmosfere açılır. Sistemde eğer dolaşan bir şekilde tıkanırsa, ve özel bir önlem alınmazsa kazandaki su akışı da durur ve buhar oluşur. Basınç tehlikeli sınırlara varır. Genleşme tankının sistemdeki bir başka görevi emniyet dolaşımı imkanı sağlamaktır. Kazanı açık genleşme deposuna bağlayan emniyet gidiş ve dönüş borularından gidiş borusuyla buharın tahliyesi, dönüş borusuyla da kazanda eksilen suyun tekrar takviyesi olanağı sağlar.

Açık Genleşme Deposu Hesabı

Genleşme deposunun hacminin hesaplanmasında önce sistemdeki toplam suyun miktarının bilinmesi gerekir. Kazan, radyatör ve borular içindeki toplam su miktarı üretici firma kataloglarından bulunabilir. Bundan sonra su sıcaklığının değişim aralığı belirlenir. Bu şekildeki ne su hacmi değişikliği deponun genişlemesini de göz önüne almaktadır.

Depoda 100 mm. minimum su seviyesi bırakılarak buna genişleyen su hacmi ilave edilir. Ayrıca en üst seviyeden taşma seviyesine kadar toplam depo yüksekliğinin % 40' ı kadar bir boşluk bırakmak gerekir. Bu şekilde genleşme deposu hacmi hesaplanır. Depo hacmi genişleyen su miktarının yaklaşık iki misli büyüklükte olmaktadır. Genleşme kapları TS 713 kapsamına girmektedir. Bu genleşme depolarının boyutları verilmiştir. Dökme dilimli radyatör ve çelik kazan kullanıldığında genleşme deposu hacmi,

$$V = 0.002 \times Q_k \quad [lt]$$

ifadesi ile yaklaşık olarak bulunabilir. Burada Q_k (kcal/h) kazan kapasitesidir. Eğer sistemde döküm kazan, panel radyatör veya konvektör kullanılırsa bu hacim 2/3 oranında azaltılabilir.

Gidiş ve dönüş emniyet boruları çapları ampirik olarak sırası ile;

$$d = 15 + 1.5 \times \sqrt{Q_k / 1000} \quad [mm]$$

$$d = 15 + \sqrt{Q_k / 1000} \quad [mm]$$

ifadelerinden bulunur. Bu boruların çapları 1" değerinden küçük olmamalıdır. Genleşme deposuna gidiş ve dönüş emniyet borularının çapları çizelge 7.3.'den alınabilir.

Gidiş ve dönüş emniyet borularından başka, sirkülasyon borusu genleşme deposunun donmasını önlemek üzere kullanılır. Çapı 1/2 veya 3/4 alınabilir. Taşma borusu depodan taşan sular kazan dairesine iletir. Çapı en az 2 olmak üzere gidiş emniyet borusu ile aynı seçilir. Sistemdeki su seviyesi kazan dairesine yerleştirilen hidrometre ile okunur. Ayrıca genleşme deposunda su bulunup bulunmadığını kontrol amacı ile, minimum su seviyesinden kazan dairesine 1/2" çapında bir boru indirilir. Ucunda bir musluk bulunan bu boruya haberci borusu adı verilir.

Açık Genleşme Deposunun Tesisata Bağlanması

Açık tüp genleşme deposu sıcak sulu ısıtma tesisatının en üst noktasına konulur. Kazan ile genleşme kabının arasındaki emniyet boruları üzerine vana konulamaz.

Sirkülasyon pompasının kalorifer kazanından tesisata gidiş borusu üzerinde bulunması önerilir. Sirkülasyon pompası yanlışlıkla dönüş hattında genleşme kabı en üst radyatörden en az pompa basma yüksekliği kadar yükseklikte olmalıdır. Genleşme deposu yeterli yükseklikte değilse, pompanın dönüşte olduğu sistemlerde üst kat radyatörlerden hava emişi olur. Pompa her zaman gidişte olmalıdır. Gidiş ve dönüş emniyet boruları sıra ile hemen kazandan sonra ve önce, sıra ile gidiş ve dönüş borularına arada vana olmaksızın bağlanır. Bu durumda sistem dengede ve basınç altındadır. İki ve daha fazla sayıda kazan, ısıtma tesisatında birlikte çalıştırıldığında her kazan için ayrı bir bağımsız genleşme deposu bulunmalıdır. Bu depolar hesaplanırken,

sistemdeki ve bağılı olduğu tek kazandaki su miktarı esas alınmalıdır. Kazan emniyet boruları gidiş vanasından da sonra bağlanmalıdır. Emniyet boruların yanlış bağlanması halinde, vanaların kapalı olduğu bir anda kazan servise sokulursa genişleme olmayacağı için kazan patlar.

3.5.5.2 Kapalı Genleşme Depoları

Anonim (2006) çalışmasında kapalı genleşme depolarının emniyet ventili ile birlikte kullanıldığı ifade edilmiştir. Sistemdeki statik basınca ek olarak yaklaşık 2 atü basınç getirir. Statik su basıncı, yani bina yüksekliği 40 m yi geçen yapılarda sistemdeki işletme basıncı 60m SS değerine ulaşacağı için sistemde doğrudan sıcak su kazanına bağlantı yapılması standartlara göre yasaktır. Bu nedenle yüksek bloklarda bir plakalı eşanjör kullanılması doğrudur.

Kapalı genleşme depolarının yararları;

- 1) Kalorifer sistemi kapalı sisteme döneceğinden hava ile teması bulunmayacak ve korozyon azalacaktır.
- 2) Kapalı kalorifer sisteminde su buharlaşıp kaybolmayacağından, su eksilmesi olmayacaktır.
- 3) Kapalı sistemde basınç dağılımı eşdeğerde olacağından, her radyatörün ısınması daha dengeli olacaktır.
- 4) Kazanın hemen yanında monte edileceğinden, çatıya kadar çekilen borudan, izolasyondan, boruların her katta kaybettirdiği alandan ve işçilikten tasarruf sağlanacaktır.
- 5) Çatıdaki genleşme deposu kalkacağından, buradaki ısı kaybı önlenmiş olacaktır.
- 6) Kapalı sistemde, çatı arasındaki açık genleşme kabında bulunan suyun, kaloriferlerin çalıştırılmadığı zamanlarda oluşan donma tehlikesi bulunmaz.

Modern ısıtma sistemlerinde artık daha çok, kapalı genleşme kapları kullanılmaktadır. Kapalı genleşme kabı üstünde basınçlı azot gazı bulunan bir diyafram içerir. Altındaki su genişleyince diyafram yukarı doğru açılır ve azot gazını sıkıştırır. Gaz tarafından sisteme uygulanan basınç biraz artar. Su

devresi üzerindeki bir emniyet valfı basıncın kaza ile istenmeyen değerlere ulaşmasını önler.



Şekil 13. Kapalı Genleşme Deposu (Anonim 2006)

Kapalı genleşme depoları, sadece otomatik kontrollü olarak mekanik yanma sağlanan sıvı ve gaz yakıtlı ısıtma sistemlerinde kullanılabilir. Elle beslemeli kömürlü kazanlarda büyük sıcaklık dalgalanmaları veya artışları olabilir. Bu yüzden kapalı depolar, kullanılmamalıdır. Genleşme depolarının hacmi büyük ölçüde radyatör ve kazan tipine bağlıdır. Döküm radyatör yerine panel radyatör konulması depo hacmini küçültecektir. Ayrıca dilimli kazanların da su hacminin az olması, döküm kazan kullanımını avantajlı kılmaktadır.

Kapalı Genleşme Deposu Hesabı

Kapalı genleşme tanklarının nominal hacimleri

$$V_n = \frac{(V_e + V_v) \times (P_e + 1)}{(P_e - P_0)} \quad \text{şeklinde hesaplanır. Burada:}$$

V_e : Sistemde genleşen su miktarı (lt)

V_v : Sistem soğukken tankta bulunan su miktarı (lt)

P_0 : Kapalı genleşme tankı ön basıncı (bar)

P_e : Sistem işletme üst basıncı (bar)

göstermektedir. Bu parametreler ne denli doğru saptanırsa genleşme tankının çalışması da o oranda problemsiz olacaktır.

- 1) Sistemdeki vana, pompa, radyatör v.s gibi elemanların işletme basınçları emniyet ventili açma basıncından en az +%10 fazla olmalıdır.
- 2) Kapalı genişleme tanklı sistemlerde ve ilk doldurulan sonrasında radyatör, boru v.s gibi yerlerde kalan havanın ve kabul edilebilir., kaçakların (küçük sızıntılar, ketenlerden buharlaşma, hava alınması sırasında kaçan su v.b gibi) oluşturduğu su eksilmeleri vardır. Avrupa ülkelerinde sistemler bu su eksilmelerine karşı şehir su şebekesine 2 bar basınç sabit tutucu ve çek valf ile bağlanmakta ve eksilen su presostat ve selenoid vana yardımıyla otomatik olarak tamamlanmaktadır. Ancak Türkiye’de özellikle su kesintilerinin yoğun olduğu İstanbul gibi büyük şehirlerde kalorifer sistemini su şebekesine bağlamak risklidir. Villa tesisatlarında genişleme depolarının 3.5 lt ve daha büyük seçilmesi işletmede kolaylık ve konfor getirecektir.
- 3) Kalorifer tesisatında genişleyen su miktarı sistem su hacmine ve sıcaklığa bağlıdır. Sistemdeki genişleyen su miktarı V_e

$$V_e = n \times V_a / 100 \quad (lt) \quad \text{şeklinde hesaplanır. Burada;}$$

V_a : Sistem su hacmini

n : Sıcaklığa bağlı genişleme katsayısını belirtmektedir.

- 4) Nominal hacimleri 15 litreye kadar olan kapalı genişleme tanklarında başlangıç su hacmi nominal hacminin min yü %20 si olmalıdır. Daha büyük hacimli kaplarda ise sisteminin su hacminin % 0.5 inin ve/veya min. 3 lt başlangıç su hacminin kapalı genişleme tankı tarafından depolanması gerekmektedir. Buna göre;

$$V_v = 0.5/100 \times V_a$$

- 5) Kapalı genişleme tankı ön basıncının $P_o = P_s + P_d$ olması gerekir. Burada, P_s statik basınç olup, kapalı genişleme tankı su bağlantısı manşonu ile tesisatın en üst noktası arasındaki kot farkına eşittir. P_d ise kazan limit termostatında ayarlanan sıcaklığın karşılığı olan su buharlaşma efektif

basıncıdır. Hesaplarda maksimum su gidiş sıcaklığı emniyet açısından limit termostatının ayarlandığı sıcaklık olarak alınmalıdır. Sistem işletme üst basıncı P_e ise hiçbir zaman emniyet ventili açma basıncından büyük olamaz ve genellikle ;

$$P_e = P_{açma} - 0.5 \quad (bar) \quad \text{seçilir.}$$

- 6) Tesisatın ısıtma gücüne göre gerekli 2.5 bar açma basınçlı membranlı emniyet ventili çapları verilmiştir. 3,0 bar basınca kadar kapalı sistemlerde membranlı emniyet ventillerinin kullanılması önerilir. Daha büyük basınçlarda ise yaylı emniyet ventilleri kullanılmalıdır.
- 7) Genleşme deposu ile kazan arasındaki bağlantı borusu (emniyet borusu) çapı ise yine sistem gücüne göre belirlenir.

Kapalı Genleşme Depoları Seçimi

Hesap yapmadan standart uygulamalarda sistem ısı gücüne ve yüksekliğe bağlı olarak seçilmesi tavsiye edilen kapalı genleşme depoları tipleri aşağıda verilmiştir.

- 1) Standart depoların konstrüksiyon basıncı 3 bar değerindedir.

Bu tiplerde $P_a = 2.5$ bar ve $P_e = 2$ bar değeri için hesap yapılmıştır.

Statik yükseklik 15 m olması halinde $P_a = 3$ bar ve $P_e = 2.5$ bar değerleri tavsiye edilmiştir.

- 2) Reflex genleşme depolarının konstrüksiyon basıncı 4 bar, $P_a = 3.5$ bar, $P_e = 3$ bar' dır.

- 3) G tipi için üç basınç kademesi geçerlidir.

G.....- 6 tipi $P_k = 6$ bar, $P_a = 5.5$ bar, $P_e = 5$ bar

G.....- 8 tipi $P_k = 8$ bar, $P_a = 7.5$ bar, $P_e = 7$ bar

G.....- 10 tipi $P_k = 10$ bar, $P_a = 10$ bar, $P_e = 9$ bar

Ancak normal ısıtma sistemlerinde elemanların basınç dayanımı 6 bar değerini geçemeyeceğinden 8 ve 10 bar konstrüksiyon basınçlı G tipi kapalı genleşme depoları özel hallerde kullanılabilir.

- 4) Hesaplar 90/70 sıcak sulu ısıtma, döküm kazan panel veya alurad radyatör kullanılması halinde normal yapılar için geçerlidir.
- 5) Tiplerin seçiminde en ucuz alternatif esas alınmıştır.
- 6) Standart uygulamada, en az rezerv su hacmi 3 lt veya sistem toplam su hacminin % 0.5 i değerinden büyük olanıdır.
- 7) Önlenemeyen su kapıları dolayısı ile standart uygulamada daha sık su takviyesi gerekmektedir. Konforlu uygulamada rezerv su hacmi % artırılmıştır.

P_a : Emniyet ventili açma basıncı

P_e : Tesisatın üst işletme basıncı

P_k : Genleşme deposu konstrüksiyon basıncı

Kapalı Genleşme Sistemlerinde Emniyet

Anonim (2006) çalışmasında kapalı genleşme depolarının DIN 4571 nolu standart kapsamında 300.000 kcal/h (350 kw) gücüne kadar ve bunun üstünde olmak üzere ikiye ayrıldığı belirtilmiştir. DIN 4571 kısım 2 kapsamındaki 350 kW gücün altındaki tesislerde membranlı tip kapalı genişleme kapları kullanılır. Burada uyulması ve sağlanması gereken sınırlayıcı şartlar şunlardır:

- 1) Sadece sıvı veya gaz yakıt için kullanılır
- 2) Statik yükseklik 15 m' yi geçmemelidir.
- 3) Sistem termostatik kontrole ve limit termostata sahip olmalıdır.
- 4) Kazan üzerinde emniyet ventili olmalıdır
- 5) 150 kW gücün üzerinde su seviyesi emniyeti bulunmalıdır.
- 6) Termometre ve monometre bulunmalıdır.

350 kW gücün üzerindeki tesisler ve 350 kW altında olmakla birlikte statik yüksekliği 15 m' yi geçen yerler DIN 4751 kısım 4 kapsamına girerler.

Bu durumda aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır.

- 7) Max. su gidiş sıcaklığı 100 C ve toplam basınç max 5 bar olmalıdır
- 8) Termostat ve limit termostat kontrolü bulunmalıdır

- 9) Sadece sıvı veya gaz yakıt kullanılmalıdır
- 10) Emniyet ventili bulunmalıdır.
- 11) Presostat ve su seviyesi kontrolü bulunmalıdır
- 12) Sistemin basınçlandırması genişleme kabındaki basınçlı gazdan, hava kompresörü ile veya basınçlandırma pompası ile gerçekleştirilmelidir.
- 13) Çeşitli göstergeler bulunmalıdır.
- 14) Sistemin test edilmesi ve belgelenmesi gereklidir.

DIN 4751 kısım 4' e göre emniyet ventillerinin boşaltılmalarını su ve buhar olarak ayırmak; suyu kanalizasyona buharı havaya atmak üzere tahliye hattında boşaltma tüpü kullanılır. Bu tüpün üst tarafından buhar atılır, alttan ise su kanala bağlanır. Hatların ağızları serbestçe görülebilmeli ve tesisat emniyet ventillerinin boşaltmaları personele zarar vermeyecek şekilde oluşturulmalıdır.

Kapalı Genleşme Depolarının Tesisata Bağlanması

Anonim (2006) çalışmasında kapalı genleşme depoları, üzerinde özel emniyet valfi, manometresi ve doldurma valfi ile birlikte üreticiye bağlı olarak piyasaya sunulduğu belirtilmiştir.

Kapalı genleşme deposu tesisata monte edildiğinde tesisata su doldurmadan önce azot basıncı bağlantı noktasındaki statik basınca eşit olmalıdır. Basınç fazla ise gaz atılmalı, az ise gaz doldurulmalıdır. Tek kazanlı büyük ısıtma sistemlerinde tek genleşme kabı bulunur. Çok kazanlı büyük ısıtma sistemlerinde, her kazana birer adet genleşme kabı bağlandığı gibi sistemde ayrı ve birden fazla sayıda genleşme kabı bağlanabilir. Bu uygulamada kazanlara bağlı depolar, sadece bağlı oldukları kazandaki genleşmeleri alacak şekilde seçilir. Sisteme bağlananlar ise kazan hariç, sistemdeki genleşmeleri karşılamalıdır.

Kapalı genleşme depolu sistemlerde, sisteme hava girişi çok kısıtlıdır. Bu nedenle hava boşaltımı açık depolardaki kadar önemli değildir. Ancak sisteme bir hava (seperatör) konulması öğütlenir. Kalorifer tesisatı çatı katındaki havalık boruların toplandığı hava tüpünden otomatik pürjör veya elle kumandalı vana

yardımı ile havalandırılmalıdır. Sisteme elle su doldurulduğunda aşağıda anlatıldığı gibi sistemdeki hava dışarı atılmalıdır.

Membranlı kapalı genleşme depolarında da gazın difüzyonla membrandan suya geçmesi mümkündür. Bu nedenle basınçlandırıcı gaz olarak daima azot kullanılmalıdır. Tesisattan gelebilecek çapak v.s gibi maddelerin depoya zarar vermemesi için,

- Tesisat dolumuna bir pislik ayırıcı bulunmalıdır.
- Dolaşım hattında bir pislik ayırıcı bulunmalıdır.

Ancak genleşme deposu bağlantısı ile kazan arasında pislik tutucu bulunmamalıdır. Boylerler de 10-300 lt hacimli 10 bar basınçlı genleşme kapları kullanılması söz konusudur.

Isıtma Sisteminin Devreye Alınması

- 1) Sistemin statik yüksekliği kontrol edilir. Kazanın bulunduğu kod ile en üst ısıtma elamanın arasındaki yükseklik, mesela 20m =2 bar ise, kapalı genleşme deposunun içerisine doldurulan azot gazının basıncı da 2 bar olmalıdır. (Kapalı genleşme deposu siparişinde statik yüksekliğin verilmesi gerekir.)
- 2) Sistemdeki monometre üzerindeki kırmızı göstere ile, minimum çalışma basıncı saptanmalıdır. (Brülör, pompa çalışmadan sadece sistemin su ile dolu olduğu haldeki) Aynı manometre üzerindeki sistemin son basıncı (sistemin ısınmış veya pompa çalışırken meydana gelen basınç) Pe işaretlenir. Kapalı genleşme deposunun doldurma basıncının, sistemin minimum çalışma basıncı ile uygunluğu kontrol edilir.
- 3) Sisteme su doldurulurken, sistemden hava dışarı atılmalıdır. Bu kolonların üzerindeki en üst noktadaki hava pröjörleri açılarak yapılır. Hava alma işlemi bir kere de pompa durdurulduktan sonra yapılır.
- 4) Sistem en az yarım gün maksimum sıcaklıkta çalıştırılmalıdır. Amaç su içerisindeki havanın tamamen en üst noktalara toplanmasıdır. Daha sonra pompayı durdurulur ve hava alma işlemi tekrarlanır.

- 5) Sistemden havanın atılması ile basınç manometrede düşecektir. Basıncı normal seviye gelen kadar sisteme su doldurulur. (Anonim 2006)

3.5.6 BORULAR

Anonim (2006) çalışmasında kalorifer tesisatında DIN 2440 normuna uygun dikişli siyah borular (kalorifer boruları) kullanıldığı belirtilmiştir. Daha kaliteli boru kullanmak isteniyorsa, doğal gaz borusu veya DIN 2441 kapsamındaki kalın etli borular kullanılabilir.

Kalorifer tesisatı kaynakla yapılacaksa galvanizli boru kullanılmalıdır. Ayrıca açıktan giden ve görülen yerlerde, boyanma zorluğu nedeni ile galvanizli borular yine kullanılmamalıdır.

Boruların, armatür flanş ve ara bağlantı parçalarının dayanabileceği en büyük çalışma basıncı anma basıncı olarak tanımlanır. Anma basınçları DIN 2401'e göre standartlandırılmıştır. Standart anma basınçları;

1-1.6-2.5-4-6-10-16-25-40-63-100 bar

şeklinde belirlenmiştir. Kalorifer borusu olarak kullanılan borularda anma basıncı genellikle 10 bar değerindedir. Bir üst standart anma basıncına geçmek tesisat maliyetini büyük ölçüde arttıracığından basınç standardına dikkat edilmelidir. Anma basınçları 20 °C sıcaklıktaki akışkan için verilmiştir. Yüksek sıcaklıktaki akışkanlar için kullanılacak borunun anma basıncı sisteminin çalışma basıncından daha yüksek olmalıdır. Isıtma sisteminde kullanılacak boruların özellikleri aşağıda verilmiştir. Aşağıda borularla ilgili bazı pratik öneriler verilmiştir.

Su ve basınçlı hava borularına dış açıldıktan sonra keten sarılır ve sülyen ile sivanır. Sülyen borunun korozyona uğramasını ve ketenin çürümesini önler. Keten ise su ile temas ettiğinde genişleyerek sızdırmazlığı sağlar.

Yakıt borularında dış açma işlemi daha dikkatli yapılmalıdır. Paftada yeni lokma kullanılmalı, açılan dişler tel fırça ile iyice temizlenmelidir. Sızdırmazlık için kaliteli teflon veya ketene sürülebilecek özel malzemeler (şırlak v.b.) kullanılması önerilir.

Kalorifer tesisatında, kaliteli usta çalışması şartı ile, kaynakla birleştirme tercih edilmelidir. Bu üretim yöntemi hem kaliteli hem de daha ucuzdur.

Galvanizli boruların kıvrılmasına dikkat etmek gerekir. Kıvrırma büyük yarı çaplı, yavaş ve soğuk işleme (hidrolik makinada) yapılmalıdır. Aksi halde galvaniz tabakası kırılır. Kıvrırma işlemi, borunun kaynak yapıldığı yere gelmemelidir. Kaynak nötr ekseninde kalmalıdır. Kalorifer tesisatında galvanizli boru tercih edilmez. Kaynakla eklenen boru tesisatında, galvanizli boruya kaynak yapıldığında, ek noktası kısa sürede delinir. Kalorifer kolonları ve branşmanları genelde açıktan döşendiği için yağlı boya ile duvar rengine boyanır. Galvanizli borular, üzerinde boya sürülmemesi nedeniyle tercih edilmez.

Borularda Isı Kaybı ve Yalıtımı

Isıtma tesisatlarında borular ısıtılan hacimlerden geçiyorsa, borudan hamca yayılan ısı kayıp olarak değerlendirilmez. Ancak ısıtmayan hacimlerden geçen borular için ısı kaybı söz konusudur. Eğer bu ısı kaybı için önlem alınmazsa kazandan çıkan su radyatörlere kadar soğuyacak ve daha soğuk su ile beslenen radyatörlerin ısı gücü düşecektir.

Görüldüğü gibi ortamda büyük ölçüde bir ısı kaybı vardır. Boru, bir ısı yalıtım malzemesi ile izole edildiğinden, izolasyon kalınlığına bağlı olarak kaybedilen ısı değerleri çok azalmaktadır.

Artan izolasyon kalınlığı ile borudan olan ısı kaybının önlenmesi değerleri doğrudan değişmez, giderek azalır. Dolayısı ile izolasyonu fazla arttırmanın yararı yoktur. Bu kavram ekonomik izolasyon kalınlığı ile belirlenir. Ekonomik açıdan bu değer yatırım maliyeti ile yakıt tasarrufu kârlılığı arasındaki optimum faydanın sağlandığı izolasyon kalınlığına karşı gelmektedir.

3.5.7 KOLLEKTÖRLER

Kollektör çapı, kendisine bağlanan en büyük çaplı borudan en az 2 çap daha büyük alınır. Örneğin, DN 50 boru için en az DN 80 kollektör alınmasıdır. Kollektör boyu ise kendisine bağlanacak boru sayısı ve büyüklüğüne bağlı olarak seçilir. Kollektöre büyük çaplı bir giriş ve küçük çaplı çok sayıda çıkış yapılacaksa, giriş borusu kollektör olarak kullanılabilir ve büyük çaplı kollektör maliyeti ortadan kalkar.

Kollektörlere boşaltma vanası konulması unutulmamalıdır. Özellikle gidiş kollektöründe boşaltma vanası bulunması, alttaki çekvalfler nedeniyle, sistemin boşaltılabilmesi için işletme açısından gereklidir.

Kollektörlere monte edilen vanaların volanlarının eksenleri aynı seviyede (aynı eksen) olmalıdır. Bunun sağlanması için büyük vananın kollektörden çıkan borusu kısa, küçük vananın ise kollektör ağzı boyu uzun olmalıdır. Vana volanları arasında 10 cm. Mesafe bırakılmadır. (Anonim 2006)

3.5.8 TESİSAT MALZEMELERİ

Valfler ısıtma sisteminde tesisatın bir bölümünü sistemden ayırmak veya sıcak su akışını düzenlemek gibi iki ana amaçla kullanılır. Ayrıca vanalar, kazanlar, pompalar vs. Gibi cihazların giriş çıkışına; ana branmanlar, kolon başlangıçları gibi yerlere konulur. Servis ömürleri boyunca kısa süreler dışında ya hep kapalı, veya hep açık pozisyonda çalışırlar. Düzenleme ve kontrol amaçlı valfler ise akışkan debisinin, yönünün veya basıncının kontrolü gereken yerlerde kullanılır ve bu valfler servis ömürleri boyunca büyük ölçüde ara konumda çalışırlar.

Dolayısı ile bir vana tipinin seçiminde ana fonksiyonun ne olduğu önemli bir rol oynar. Sürekli açık çalışacak bir kapama vanası veya sürekli kapalı çalışacak ve sızdırmazlık özelliğinin öne çıktığı bir kapama vanası farklı tiplerde seçilir. Yine kontrol vanaları ile kapama vanaları farklı özelliklere sahiptir. Bir başka önemli konu ise açıp kapama kolaylığıdır. Basınç ve çapa bağlı olarak, bu açıdan farklı iki tip vanalar tercih edilir. Valflerin borulara bağlantısı küçük çapalarda vida ile büyük çaplarda ise flanş ile sağlanır.

Valflerin bağlandığı borular uygun olarak desteklenmiş olmalıdır. Boru hareketlerinde dolayı valf de bir gerileme meydana gelmemelidir. Flanşlı bağlantılarda; flanşları düzlemine getirmeli, flanş yüzeylerinin birbirine oturması civata ve somunları sıkarak zorla sağlanmamalıdır. Bağlama işlemi sırasında conta ile flanş yüzeyleri arasında yabancı bir madde kalmamasına dikkat edilmelidir.

Sürgülü vana ve kazan flanşları montajında kullanılan civatalar ve somunlar kadmiyum kaplı çelik olmalıdır. Kullanılan demir civtaları bir süre

sonra sökmek olanaksızlaşmakta, çoğu kez kesilerek flanşlar ayrılabilir. Kadmiyum kaplı çelik civatalar ve somunlar kullanılmadan önce mutlaka gresle yağlanmasıdır.

Valf seçiminde boru çapı ve akışkan cins ve basıncı önemlidir. Üretici kataloglarında valfin anma çapı ve anma basıncı belirtilir. Genellikle valf çapının seçiminde, valfin yerleştirileceği boru çapı göz önüne alınır. (Anonim 2006)

3.5.8.1 Globe Valfler (Süpaplı vanalar)

Normal globe vanada bir vida ile aşağı yukarı hareket ettirilebilen süpap, aşağı hareket ettirildiğinde akışkan geçit kesitinde işlenmiş yuvasına oturarak akışı tamamen kesmektedir. Vidayı döndüren silindirik mil ile valf kapağı arasında salmastra bulunur ve sızdırmazlığı sağlar.

Bu valflerde genellikle akış yönü bir okla işaret edilir. Akışkan alttan süpapa doğru gelmelidir. Süpap kapalı iken geçiş kesitinin gerisinde kalan basınçlı akışkan, süpap yuvasına sızdırmaz bir şekilde iyice oturmuşsa, valfin diğer kısmına kesinlikle geçemez. Ama valf ters bağlanırsa, akışkan basıncı valf kapağı ve salmastraya uygulanır ve çoğu zaman kapakta sızma olur. Ayrıca valf bağlanması açık konumda yük kayıplarını da artırır. Süpap sonuna kadar yukarı çekildiğinde ise geçiş kesiti tamamen açılır. Valfin çalışması normal olarak ya tam açık ya da tam kapalı konumdadır. Süpaplı valfler ayırma valfleri olarak görev yaparlar.

Valf içinde akışkanın yön değiştirme sonucu üyk kaybı fazladır. Gerek bu yüzden, gerekse akış kesitinin açılmasından lineer olmaması sebebi ile bu valfler kontrol valfi olarak kullanılmazlar. Ayrıca ara konumda bırakıldıklarında süpap oturma yüzeyleri akışkan tarafından önemli ölçüde aşınmaya ve tahribata uğratılır.

Süpaplı valfler kapatılırken fazla zorlanmamalıdır. Ayrıca sisteme valfleri ve diğer elemanları korumak üzere pislik tutucular konulmalıdır. Boru içerisindeki sıvıda çeşitli pislikler ve yabancı maddeler bulunabilir. Bu maddeler süpap oturma yüzeylerinde takılı kalırsa süpapın yerine oturmasını ve valfin kapanmasını önlerler. Ayrıca fazla zorlanırsa yüzeyleri bozarlar. Bu durumda valfi birkaç kez açıp kapayarak yabancı maddeleri uzaklaştırmak gerekir. Eğer bu

işlemlerden sonra da valf uygun çalışmıyorsa akışkan geçişi durdurularak valfin kapağı açılır ve süpap yuvaları temiz bir bezle silinir.

Globe valfler buhar ve kızgın su tesislerinde kullanılır. Kalorifer tesisatında ise sızdırmazlık vanası olarak az sayıda kullanılabilir. Dezavantajı sürgülü vanaya göre pahalı olması ve akışkan için daha fazla direnç yaratmasıdır.

Gövde malzemesi, ND 16 ve 225 °C' ye kadar bronz veya pirinç, ND 25 ve ND 40 300 °C' ye kadar dökme demir ve daha yüksek basınç ve sıcaklıklarda çelik olmaktadır. (Anonim 2006)

3.5.8.2 Radyatör Vanaları

Isıtıcı elemanların girişinde hem kapama, hem de akışı düzenleme işlevini gerçekleştirecek valfler bulunmalıdır. Bu amaçla radyatör muslukları kullanılır. Bu valfler de süpaplı valf tipleridir. Süpapın geri hareketi vana kovanı ile sınırlıdır. Reglaj ayarı adı verilen işlem ile, hemen valf kapağı altındaki anahtar ağız çevrilerek, vana kovanı konumu değiştirilir. Vana kovanı konumu sabitlendiğinde, vana elle en açık duruma bile getirilse, valfden geçen su miktarı sınırlıdır. Isıtma sisteminde boru şebekesi dizayn edilirken, boyutlandırma, bütün ısıtıcılardan istenilen debide akışkan geçecek şekilde yapılır. Ancak sadece boru boyutları ile istenilen yük dağılımını sağlamak mümkün değildir. Sistemin ince ayarı ısıtıcı girişlerindeki musluklarda yapılacak reglaj ile gerçekleştirilir.

Radyatör muslukları genel olarak radyatör köşe musluğu ve radyatör düz musluk olarak ikiye ayrılır. Malzeme genellikle bronz veya pirinçtir. (Anonim 2006)

3.5.8.3 Sürgülü Valfler (Şiber Vanalar)

Piyasada bu tip vanaların pirinçten yapılanlarına şiber vana, pikten yapılanlarına ise sürgülü vana denmektedir.

Sürgülü vanaların çalışan parçası, vana içindeki yatay dairesel geçiş kesitine uyan bir diskdir. Bu disk geçiş kesitindeki işlenmiş yuvasına yukardan aşağı dik olarak gelip oturduğunda kesiti kapatır. Disk bir vida vasıtası ile aşağı yukarı hareket ettirilebilir. Sürgü adı verilen disk parçası tam kapalı konumdan

yukarı doğru hareket ettikçe geçiş kesitini açar. Sürgü olarak isimlendirilen disk dairesel formda olduğu gibi, oval veya uzun kama biçiminde de olabilir. Kapak, vidalı mil ve salmastra düzeni prensip olarak, bir önce anlatılan valflere benzer. Ancak milin yukarı hareketi ile geçiş kesitinin açılması lineere daha yakındır. Açıp kapama esnasında akışkan basıncına karşı çalışmadığı için bu işlem sırasında fazla kuvvet gerekmez. Özellikle büyük valfler bu sebeple sürgülü tipten imal edilirler. Sızdırmazlık özelliği süpaplı vanalar kadar iyi değildir. Bu yüzden ayırma vanasından çok kontrol vanası olarak kullanılmaya uygundur.

Şiber vanaların avantajları:

- Akışa daha az direnç göstermeleri.(Hep açık, kapama vanaları için uygun bir özellik)
- Montaj boyunun daha kısa olması.

Şiber vanaların dezavantajları:

- Tam sızdırmazlık özellikleri iyi değildir.Bu nedenle yüksek basınçlarda kullanımda ancak özel üretilmiş şiberler kullanılabilir. Gövde malzemesi olarak globe vanalara benzer malzemeler kullanılır. (Anonim 2006)

3.5.8.4 Küresel Valfler

Kolay açma , kapama ve sızdırmazlık özelliği nedeniyle kullanılır.Küresel valflerde esas elemen, ortasında delik bulunan bir küredir.Bu kürenin 90° dönüşünde, tam açık pozisyondan tam kapalı pozisyona geçilir. Küresel vanalar çok açılıp kapanan veya çabuk açılıp kapanması istenen yerlerde, öncelikle kullanılır. Gaz ve su vanası olarak kullanımı çok geniştir.

Sızdırmazlık kürenin sızdırmazlığı ve milin sızdırmazlığı olarak iki kademedен oluşur.Vananın kullanılacağı yere göre uygun sızdırmazlık elemanları ile donatılmış olması gereklidir.

Malzeme olarak, dış gövdede, basınca ve kullanma yerine göre dökme demir, dökme çelik veya paslanmaz çelik kullanılırken; küre ve mil paslanmaz çelikten üretilir.

Küresel vanaların, vidalı, soketli, flanşlı tipleri olduğu gibi tam geçişli tipleri de vardır.Redüksiyon geçişli tiplerde küre çapı borudan bir boy

küçüktür.(200/150 gibi)Bunlarda basınç düşümü daha fazla olmakla beraber, ucuz ve küçük olmanın avantajını taşırlar. Tipleri;

Küresel vana (su için):İşletme basıncı 10 Atü, piring

Küresel vana (doğal gaz için): PN-1 doğal gaz bina içi tesisatında kullanılır.

Pik küresel vana : Su tesisatlarında kullanılır. Kolay açma ve kapama özelliği nedeniyle termal şoklara neden olabilir, borular zayıf bağlantı yerlerinden kopabilir. (Anonim 2006)

3.5.8.5 Kelebek Vanalar

Dünyada artık şiber vanaların yerine kelebek vanalar kullanılmaktadır. Daha çok, büyük çaplı su borularında kullanılır. Az yer kaplaması ve büyük çaplarda (Ø 200' den başlayarak) küresel vanaya göre ucuz olması önemli avantajlarıdır.

3.5.8.6 Çekvalf

Çekvalfler, içlerinden geçen sıvı, gaz, buhar gibi akışkanların geri dönüşlerine engel olmak için kullanılır. Yaylı ve yaysız tipleri vardır. Yaysız çekvalfler sadece yatay, yaylı çekvalfler hem yatay, hem de diley olarak kullanılabilir. Yaysız çekvalflerin çalışan parçaları menteşeli bir disk veya klapedir. Bu klape tek yönde menteşe pimi üzerinde serbestçe hareket edebilir. Otomatik olarak akışkan hareketi ile çalışır. Akışkan bir yönde akarken klape açılarak geçişe izin verir. Ters yönde akış halinde ise klape kapanır. Böylece çekvalfin takıldığı hat üzerinde akış tek yönlü olur. Bu valflerde mutlak sızdırmazlık sağlanmaz. Seçimleri vana ile birlikte ve vana gibi yapılır. Kalorifer ve kullanma suyu tesisatında 1.1/4" e kadar çekvalf ucuz olduğu için tercih edilir.

Ø40 ve daha büyük çaplarda disk tipi çekvalf kullanılmalıdır. Sipariş verirken yatık tip veya dik tip olarak belirtilmeli, dik tip çekvalflerin montajında akış yönünün yukarı doğru olmasına özen gösterilmelidir.

Tipleri:

Piring çekvalf : 1/2" – 3" arasında üretilir. Kullanma suyu ve kalorifer tesisatında kullanılır.

Max. Kullanma basıncı 10 Atü.

Dip klapesi : Kuyudan su emiş borusunun alt ucuna monte edilir. Pirinçten imal edilir.

Pik çekvalf (su için) : Kalorifer tesisatında kullanılır. PN 10, PN 16 normunda imal edilir.

Pik çekvalf (buhar için) : Buhar ve kızgın su tesislerinde kullanılır. PN 16, PN 25-40 v.b. normunda üretilir.

Plaka çekvalf (disk tipi) : Kalorifer ve sıhhi tesisatlarda kullanılır. Sessiz çalışır. Direnci en az olan ideal çekvalf tipidir. (Anonim 2006)

3.5.8.7 Pislik Tutucular

Boru tesisatında dolaşan akışkan az veya çok pislik adı verilen yabancı maddeleri de beraberinde sürükler. Bunların özellikle çamur, kaynak damlacıkları, pas parçaları, conta parçaları gibi maddeler, kontrol vanaları, pompalar, sayaçlar gibi elemanların sızdırmazlığını ve ayarını bozar ve bu elemanlara zarar verir. Bu bozulmayı önlemek için yukarıdaki gibi elemanların her birinin önüne bir pislik tutucu yerleştirilir. Ayrıca temizlemek için sökülmeleri pahalı olan cihazların önüne de pislik tutucu konulması faydalıdır. Bu elemanlar işletme güvenliğini artırır, işletme maliyetini düşürürler.

Kalorifer ve kullanma suyu tesisatlarında pirinç pislik ayırıcı ucuz olduğu için tercih edilir. Çekvalf tipleri gibidir. Pislik tutucunun süzgeçleri yerinden sökülerek temizlenir. (Anonim 2006)

3.5.8.8 Emniyet Ventilleri

Tesisatta basıncın ayarlanan bir değerin üzerine çıkmaması ve tesisatın korunması için emniyet ventilleri kullanılır.

Yaylı emniyet ventilleri tam kalkışlı ve oransal kalkışlı olarak iki tiptir. Buhar, gaz ve sıvılarda kullanılabilir.

Kapalı genleşme depoları, boylerler, buhar kazanları v.b. yerlerde mutlaka kullanılmalıdır.

Montajda dikkat edilmesi gereken bilgiler:

- Sızdırmazlığı sağlayan yüzeyler iyi korunmalı ve montajdan önce temizlenmelidir.
- Emniyet ventilleri düşey monte edilmelidir.
- Kazana ve kullanılacağı yere direkt bağlanmalı, arada kesinlikle vana olmamalıdır.
- Monte edildikleri yere kolayca ulaşmak mümkün olmalıdır.
- Çıkış borusu en kısa yoldan dışarı verilmelidir. (Anonim 2006)

3.5.8.9 Ayar Vanaları

Sulu ısıtma devrelerinde akışın dengelenmesi için otomatik ve manuel olmak üzere iki tip ayar vanası vardır. Elle ayarlanabilen ayar vanaları iki adet basınç ölçme ağız ve kalibre edilmiş döndürme miline sahiptir:

Milin kalibre edilmiş dönme miktarı ile vanadan geçen su debisi belirlenebilir. Mildeki gösterge göreceli olarak valf açıklığının değerini gösterir. Basınç ölçme ağızları, valf boğazında giriş ile çıkış arasındaki basınç farkını okumaya olanak sağlar. Mil konumu ve okunan basınç farkından geçen su debisi veya ısı miktarı, abaklardan okunabilir. Max. valf açıklığı, kilitleme mekanizması ile sınırlandırılabilir. Vana gövdesinden suyu boşaltmak mümkündür. Genellikle bu vanalar gerekli ölçme ve ayarın yapılabilmesi için, bir kitle birlikte satın alınır. Sistem devreye alınırken bu vanalar yardımı ile çeşitli devrelerden geçecek su miktarı sabit olarak ayarlanır. Gerekli olmadıkça ayar bir daha değiştirilmez. Bu ayar yetkili işletme personeli tarafından yapılır. Otomatik basınç ayar vanaları daha çok sıcak su tesisatında akışı sınırlama amacı ile kullanılır. Otomatik olarak valf üzerindeki basınç düşümünü sabit tutar. (Anonim 2006)

3.5.8.10 Ölçme Cihazları

Manometreler

Standart manometre kadran çapları mm olarak,

40 – 50 – 63 – 100 – 160

değerlerindedir. Sistemde rahatça okunabilecek büyüklükte bir manometre seçilmelidir. Manometrelerde basınç aralığı ise,

0 – 1 ; 0 – 2.5 ; 0 – 4 ; 0 – 6 ; 0 – 10 ; 0 – 16 ; 0 – 25 [kg/cm²]

olarak değişmektedir.

Manometre üzerinde, kullanma yerinde izin verilen en yüksek basınç kırmızı ile işaretlenmelidir. Basınç aralığı seçiminde ise çalışma basıncının, aralığın en az ortalarına gelecek şekilde olmasına dikkat edilmelidir.

Manometre Muslukları

Manometre musluğu, kazandan ya da bulunduğu kaptan örnek almak ve tesisata bağlı manometrenin devre ile izolasyonunu sağlamak amacı ile kullanılır. Üç yollu ve iki yollu tipleri vardır.

Üç yollu musluklarda manometreyi kazandan ayırıp, dış atmosfere açmak mümkündür. Böylece yerinden sökmeden manometrenin sıfır ayarını yapmak ve bilinen bir basınç uygulayarak manometrenin doğru gösterip göstermediğini kontrol etmek mümkündür.

Ölçü genellikle dişlilerde 1/2" flanşlılarda DN20 olup, malzemesi dövme çelik, paslanmaz çelik veya pirinç olabilir.

Hidrometre

Açık sıcak sulu ısıtma sistemlerinde kazan dairesinde su yüksekliğini okumak üzere hidrometre kullanılır.

Hidrometre kadran ölçüleri mm. olarak;

63 – 100 – 160 değerindedir. Basınç aralıkları ise mSS olarak,
0 – 16;0 – 25;0 – 40;0 – 60 mSS değerlerindedir.

Termometre

Termometreler ispirotolu, civalı ve bi-metal olarak üçe ayrılır. İspirtolu termometreler 0 –130 °C göstergelidir. Bağlantı ölçüsü büyüklerde 1/2", küçüklerde 1/4" değerindedir. Düz, köşe, kılıflı ve kılıfsız tipleri vardır. Civalı termometrelerde ölçme aralıkları,

0 – 100 ; 0 – 150 ; 0 – 250 ; 0 – 300 ; 0 – 400 °C olabilir.

Bağlantı ölçüsü 1/2" değerindedir.

Bi-metal termometrelerde kadran çapı 63 ve 100 mm. olabilir. Bağlantı ölçüsü 1/2" değerindedir. Sıcaklık aralıkları çeşitlidir. (Anonim 2006)

3.5.9 KAZAN DAİRELERİ

Bir kazan dairesinde aşağıdaki elemanlar için yer ayrılmalıdır.

- Kurulacak kazanlar
- Yakıt deposu
- Kalorifer bacası
- Duman kanalları
- Tesisat elemanları. (Pompalar, boyler, eşanjör, su deposu, su temizleme cihazı, hidrofor, kollektörler, fanlar vs.)
- Kazan bakıcı odası

Mimari proje aşamasında bu elemanları alacak büyüklükte bir kazan dairesi yeri ayrılmalıdır. Kazan cinslerinin ve tesisat düzenlenmesinin çeşitliliği nedenleri ile önceden genel olarak bütün tesisler için geçerli olarak kazan dairesi boyutları vermek mümkün değildir.

Kazan dairesinin yeri alışkanlıkla binaların bodrum katı seçilir. Ancak sıvı ve gaz yakıtlı ısıtma sistemlerinde kazan dairesi çatıda da oluşturulabilir. Bodrum katı içinde de genellikle binanın ortalarında bir bölüme kazan dairesinin yerleştirilmesi tavsiye edilir. Böylece hem baca uygun bir noktaya inşa edilebilir, hem de yatay tesisat boru boyları nispeten kısa olur. Kazan dairesinin yeri seçiminde bacaya yakınlık ve tesisatın ağırlık merkezinde olma kriterlerinin yanında bir başka önemli kriterde yakıt girişi ve külün dışarı atılması işlemlerinin kolay ve basit olmasıdır. Bu arada havalandırma, güvenlik ve aydınlatma da dikkate alınması gereken önemli konulardır. Bütün bu kriterlerin bir arada sağlanabilmesi özellikle büyük tesislerin bodrum katında meydana getirilecek kazan dairelerinde güçtür. Bu gibi durumlarda bina dışında ayrı bir kazan dairesi yapmak iyi bir çözümdür. Bu çözüm özellikle grup halinde binaların merkezi ısıtmasında geçerlidir. (Anonim 2006)

3.5.9.1 Kazan Dairelerinin Yapımı

Kazanlar döşeme rutubetinden ve çevre yıkama sularından korunmak üzere bitmiş döşemeden 10 – 15 cm. yükseklikte bir kaide üzerinde oturmalıdır. Beton kaide yüksekliği ayrıca brülör kazana monte edildiğinde, brülörün altı

yerden en az 30 cm. yukarıda olacak şekilde yapılmalıdır ki brülör fanı yerden toz emmesin.

Kazan dairesinde çevre sularını toplayan büyük boy bir döşeme süzgeci bulunmalıdır. Ayrıca kazan dairelerinde 15*15 cm. boyutlarında bir çevre kanalı (su toplama kanalı) yapılmalıdır. Büyük boy kazan dairelerinde 50*50*60 cm. ölçülerinde toplama çukuru bulunmalıdır. (Kanalizasyon kotu kurtarmıyorsa)

Kazan dairelerinin kapıları ateşe karşı dayanıklı olmalı ve içerden dışarı doğru açılmalıdır. Kazan dairesi kapısının doğrudan merdiven boşluğuna açılması doğru değildir. Kazan dairesine küçük bir giriş odasından geçilmeli ve bu odanın kapıları sızdırmaz olmalıdır. Böylece kalorifer dairesindeki kokuların ve yangın halinde dumanın merdiven boşluğunu doldurması önlenmiş olur. Eğer kazan dairesinden bina dışına doğrudan bir kapı açılması mümkün ise bu en uygun çözümlü oluşturur. Kazan dairesinden bina içine açılan kapılarda en az 10 cm. yükseklikte bir eşik bulunması önerilir. (Kazan dairelerinde biri bina içine biri bina dışına açılan en az iki çıkış kapısı yapılmalıdır.)

Kazan dairesinin doğal olarak aydınlatılması mümkün ise, aydınlatma açıklıklarının, binanın diğer pencerelerinin altına rastlamamasına dikkat edilmelidir. Yapay aydınlatma yapılıyorsa, göz kamaştırmayan fakat daireyi iyice aydınlatan bir sistem kurulmalıdır. Kazan dairesine ait ana şalter giriş kapısı dolaylarına yerleştirilmeli ve sızdırmaz tip olmalıdır. Kazan dairelerinde yangın tüpü bulundurulmalıdır. (Anonim 2006)

3.5.9.2 Isıtma Merkezi Planlaması

Isıtma merkezinin yerleşiminde, bacalara en yakın mesafeye kalorifer kazanları yerleşir. Yakıt depoları için, kazanlara en yakın mesafede duvarlarla ayrılmış bir hacim bırakılmalıdır. Su depoları, hidrofor ve boyler de yakın mesafede ayrı bir grup gibi yerleştirilmelidir. Boru bağlantısı ve ekonomik yerleştirme açısından sıra ile, yakıt deposu, kalorifer kazanı, boyler, hidrofor – su deposu yer almalıdır.

Kazanların yerleşimi :

Buhar kazanları, buhar jeneratörleri ve kaynar su kazanları söz konusu olduğunda, 3.sınıf ruhsat almak ve bina altına kazan dairesi yerleştirebilmek için

kazan su hacmi $V_s [m^3]$, $V_s \times (T_s - 100) < 50$ şartını sağlamalıdır. Burada T_s doyma sıcaklığıdır.

Kazan daireleri yüksekliği en az 2.5 m olmalıdır. Kazan üst noktası ile tavan arasındaki mesafe çeşitli hallerde en az aşağıdaki gibi olmalıdır:

150 kW' in üstünde en az 1.5 m.

350 kW' in üstünde en az 1.8 m.

kazan dairelerinde duman kanalı baca bağlantıları için rezervasyonlar bırakılırken duman kanallarının kazana doğru %2 den fazla eğimli olduğuna dikkat edilmeli, beton kaide yüksekliği de unutulmamalıdır. İki kazan aynı bacaya bağlanabilir. Ancak biri atmosferik brülörlü, diğeri üflemlerli brülörlü gibi ayrı cinsten olmazlar. Aynı şekilde farklı yakıt yakan iki kazan da aynı bacaya bağlanamaz. (Anonim 2006)

3.5.9.3 Kazan Dairesi Havalandırması

Bina altındaki kazan dairelerine taze havanın serbestçe girebilmesi için kuranglez bırakılmalı ve çatıya kadar çıkan bir havalandırma bacası yapılmalıdır. Temiz hava giriş kesiti, baca kesitinin %50' sinden küçük olmamalıdır. Yine bu kesit 50 kw güce kadar en az 300 cm² olmalı bunun üzerindeki güçlerde her kw için minimum kesite 2.5 cm² ilave edilmelidir. Pis hava bacası kesiti en az 200 cm² olmalı ve baca kesitinin %25' den az olmamalıdır. Ancak pis hava baca kesitinin, en az kalorifer bacası kesitinin yarısı olması önerilir. Vantilatörlerle havalandırma yapılıyorsa, vantilatör debisi kw kazan gücü başına 0.5 m³/h olmalıdır. Doğal havalandırma yapılamayan kazan dairelerinde kazan dairesine hava verecek vantilatör kapasitesi; brülörün toplam fan kapasitesi + aspiratör kapasitesinden %10 daha büyük olmalıdır. Ayrıca vantilatör çalışmadan, aspiratörün çalışmamasını sağlayacak elektrikli kilitleme sistemi yapılmalıdır.

Bina dışında yapılan kazan dairelerinde ise, kalorifer kazanlarının üstünde havalandırma için boşluk bırakılmalıdır. Kesiti en az kalorifer bacalarının toplam kesitinde, idealde kalorifer bacalarının toplam kesitinin iki katı olmalıdır. Kalorifer kazanlarının etrafında oluşacak ısının (daha çok kazanların arka

kısımındaki duman sandığı ve baca civarında oluşur.) dışarıya atılması için havalandırma menfezi kazan sonuna yakın yerde bırakılmalıdır.

Kazan dairelerindeki cihazların dışarıya çıkarılabilmesi için en büyük cihaz boyutunda (kazan, boyler, hidrofor vb.) bir servis boşluğu bırakıp, bunu havalandırma için de kullanmak daha iyi bir çözüm olabilir. Bu durumda servis boşluğunun altında cihaz olmamasına dikkat edilmelidir. Genellikle kazanların ön tarafı servis boşluğu olarak bırakıldığı için, doğal aydınlatma feneri ve cihazların dışarıya alınmasını sağlayacak boşluk da bu kısımda bırakılır. Soğuk bölgelerde ve sürekli çalışmayan kazan dairelerinde donma riskine karşı havalandırma pancurlarının arkasındaki damperlere oda termostatından kumanda alan bir servomotor bağlanmalıdır. Kazan dairesi sıcaklığı +5 °C' ye düştüğünde kazanlar çalışmıyorsa bu damper otomatik kapanmalıdır.

(Anonim 2006)

3.5.10 DOLAŞIM POMPALARI – SİRKÜLASYON POMPALARI

Anonim (2006) çalışmasında kalorifer tesisatlarında dolaşım olarak santrifüj pompalar kullanıldığı ve elektrik motorları ile tahrik edildiği belirtilmiştir. Pompalar aşağıdaki özellikleri sağlamalıdır:

- Stabil çalışma
- Emniyetli çalışma
- Sessiz çalışma
- Uzun ömür
- Bakım gerektirmeme
- Tesisata uygun basma yüksekliği ile gerekli debiyi sağlama
- Küçük boyutlarda olma ve montaj kolaylığı

Emiş ağzından emilen su, dönen çarka göbekten girer ve merkezkaç kuvveti ile artan bir hız ile dışarıya akarak basıncı yükselir. Salyangozda biriken suyun basıncı, spiral şekli sebebiyle daha da artar ve basma ağzından çıkar.

3.5.10.1 Dolaşım Pompalarının Yapım Çeşitleri

Kalorifer tesisatında kullanılan dolaşım pompaları yapımlarına göre;

- Islak rotorlu pompalar

- Kuru rotorlu pompalar
- Norm pompalar

olarak üç grupta toplamak mümkündür.

Islak Rotorlu Pompalar

Islak rotorlu pompalar $V < 50 \text{ m}^3/\text{h}$ debi ile $H < 15 \text{ m}$ basma yüksekliğine kadar kullanılırlar. Pompayı tahrik eden elektrik motoru kısmı su ile temas halindedir. Bu kısım içinden de geçen su, elektrik motoru ile kaymalı tip rotor yataklarını yalayarak soğutma işlemi yapar. Bu özelliği sebebi ile sızdırmazlığın sağlanması için salmastra kullanılmasına ihtiyaç yoktur. Yalnız elektrik motorunun statoru ile sargıları 0.1 ile 0.3 mm. kalınlıktaki mıknatıslanmayan ve paslanmaz çelikten yapılmış bir gömlek ile sudan ayrılmıştır.



Şekil 14. Islak Rotorlu Sirkülasyon Pompası

Islak rotorlu pompaların doğrudan doğruya boru üzerine takılabilmeleri büyük kolaylıktır. Yalnız, pompanın milinin yatay yani yere paralel olmasına dikkat edilmelidir. Milin yere dik takılması halinde rotor yatakları çabuk aşınır.

Su içinde bulunan magnetit, korozyon parçacıkları pompanın çalışmadığı yaz aylarında rotor çevresinde çökerek pompanın çalışmasını engellerler. Bu sebeple pompa aralıklarla otomatik olarak çalıştırılır. Islak rotorlu pompalar genellikle R 1 ¼" (DN32) dişe kadar rakor ve daha büyük çaplarda ise flanş kullanılarak borularla bağlanırlar. Su ile rotor temas halinde oldukları için sürtünme kaybı büyüktür ve magnetik alanda kayıp artar. Bu sebeple verimleri düşüktür. Islak rotorlu pompaların elektrik motorları üzerindeki kutusundaki bir şaltere elle kumanda edilerek veya otomatik olarak devir sayısı ayarı yapılabilir. El ile kumandada genellikle 3 veya 4 devir sayısı ayarı yapılmaktadır.

Islak rotorlu pompalar 90 °C ile 40 °C işletme sıcaklıklarına ve 6 ile 10 bar işletme basıncına kadar çalışırlar.

Kuru Rotorlu Pompalar

Kuru rotorlu pompalarda debi 10 ile 150 m³/h arasındadır. Kuru rotorlu pompalarda pompa ile elektrik motoru arasında suyun geçmemesi için salmastra bulunur. Pompanın çarkı elektrik motorunun mili üzerine tespit edilebildiği gibi pompa çarkı mili ayrı olabilir ve bu halde her iki mil bir kavramayla birbirlerine bağlanırlar.

Kuru rotorlu pompalar,

- Doğru hat tipi – inline tipi-
- Köşe tipi

olmak üzere ki türlü yapılarırlar.

Kuru rotorlu pompaların hidrolik verimleri ıslak rotorlu pompalara nazaran daha yüksektir.

Norm Pompalar

Büyük ısı güçlerindeki kalorifer tesisatlarında kullanılırlar. Hem santrifüj pompa ve hem de elektrik motoru zemin – kaide – üzerinde tespit edilmişlerdir. Aradaki elastik bir tabaka ile titreşimin zemine dolayısı ile binaya geçmesi engellenir. 140 °C sıcaklığa ve 10 veya 16 bar işletme basıncına kadar dayanıklıdırlar. 2500 m³/h debi kapasitesine kadar yapılmaktadırlar.

3.5.10.2 Pompaların Seri ve Paralel Çalışmaları

Uygulamada bir pompanın debisini veya basınç yüksekliğini arttırmak için benzeri bir pompa ile seri veya paralel bağlanabilir.

Pompaların Seri Bağlanması

İki aynı pompa arka arkaya seri bağlanırsa her iki pompadan aynı su miktarı geçer.fakat birinci pompadan sonraki basınç ikinci pompada aynı Δp miktarı kadar yükselir.

Pompaların Paralel Bağlanması

İki aynı pompa yan yana paralel bağlanırsa her iki pompadan iki misli (gerçekte iki mislinden biraz daha az) su geçmesine rağmen basma basıncı aynı kalır.

3.5.10.3 İkiz Pompalar

İkiz pompalar, paralel çalışan ıslak rotorlu pompalar olup aynı gövdede yan yana bulunurlar. İkiz pompalarda, iki ayrı paralel çalışan pompaya nazaran

- Daha küçük kollektör
- Daha az sayıda vana
- Daha az sayıda flanş
- Daha az yer tutması
- Daha az montaj işçiliği
- Daha ucuz
- Daha az sızıntı

özellikleri olması tercih sebepleridir. İkiz pompalar tek tek çalıştıkları için bir tanesi yedek olarak kullanıldığı gibi yüksek debi gereksiniminde ikisi aynı anda paralel çalıştırılabilirler. Zamana bağlı olarak devir sayıları değiştirilebilir ve biri bozulunca diğeri hemen devreye alınabilir.

3.5.11 MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİNDE OTOMATİK KONTROL

Akıllı Ekonomi Paneli dış hava ve iç ortam sıcaklığına göre kazan çıkış suyunun, yani tesisata giden suyun sıcaklığını otomatik olarak belirler. Doğal gaz ve sıvı yakıtta çok yüksek oranda (% 25-40) ekonomi sağlar. Dış havaya göre en uygun çalışma eğrisini bulur, öğrenir ve kullanır. Kullanıcının hiç bir ayar yapmasına gerek duymadan ısıtma eğrilerini otomatik olarak kendi seçer ve uygular. Dış ortam sıcaklıklarındaki günlük değişimleri ve iç ortam sıcaklığını hafızasında tutarak konforlu bir ısınma sağlar. Programlanan süre içinde istenen konfor sıcaklığını sağlamak için program başlangıcından ne kadar süre önce çalışıp duracağı programlanarak kullanıcıya ekonomi ve konfor bir arada sunulur.

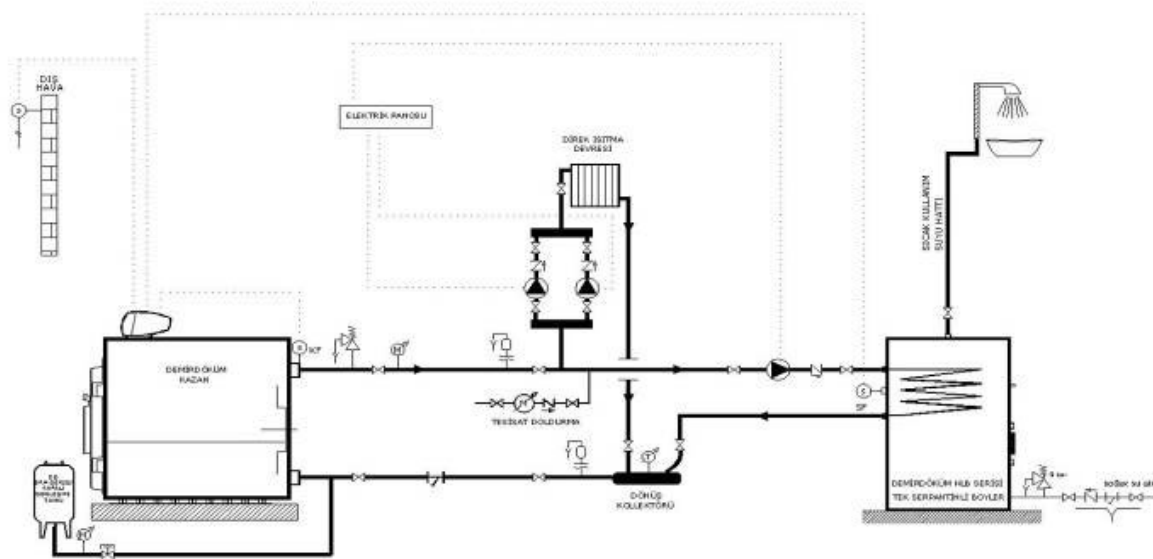


Şekil 15. Kazan Otomatik Kontrol Panosu Örneği (Anonim 2006)

Isıtma sisteminde boyler kullanılması durumunda boylerde istenilen sıcaklıkta su hazırlanmasını sağlar. Bakterilerden korumak için boylerde bulunan kullanım suyu sıcaklığını haftada bir kez 2,5 saat süre ile 70 °C'de tutar. Dijital program saati ile haftanın her günü için farklı olarak 24 saat içinde 3 açma, 3 kapama zamanı belirlenebilir. -20...+10°C tesisat suyu sıcaklığında donma koruması devreye girerek tesisatı korur. Isıtma suyu pompalarını otomatik olarak çalıştırarak, kazan suyu 20°C sıcaklıkta tutulur. 255 güne kadar herhangi bir gün için tatil programı yapılabilir. Parti ve tasarruf fonksiyonu sayesinde ekonomik kullanım sağlar. Kazan, tatilden dönüş gününde programa uygun olarak çalışmaya başlar. Mevsimsel olarak Yaz/Kış konumuna otomatik olarak kendi geçmektedir. 250 saatte bir sıkışmayı ve kireçlenmeyi önlemek amacıyla pompa ve 3 yollu vanaları otomatik olarak çalıştırır. İlave zon modülüyle ısıtma zon sayısı artırılabilir. Şap kurutma özelliğine sahip olup, tek

kademeli, iki kademeli ve oransal brülör kontrolü yapılabilmektedir. Türkçe menü, ışıklı, büyük LCD ekrana sahiptir. İki kademeli 5 ayrı kazan, 20 ayrı ısıtma zonunu kontrol etme imkanı vardır. Entegre edilmiş arıza teşhis sistemine sahiptir. Uzaktan kumandalı oda ünitesi sayesinde uzaktan kontrol imkanı mevcuttur. Yazılım güncelleme, parametre girişi için bilgisayar bağlantısı mevcut olup bina otomasyonuna entegre edilebilmektedir. İstendiğinde tüm ayar değerleri değiştirilebilir. Buna karşılık fabrikada yüklenmiş olan standart programa, bir tuşa basarak kolaylıkla geçilebilir. Kontrol ünitesindeki veriler elektrik kesintilerinde süresiz olarak hafızada tutulur ve yok olmaz.

Aşağıda tek kazanlı ve çok kazanlı değişik tesisat uygulamalarına ait şemalar verilecektir. (Anonim 2006)

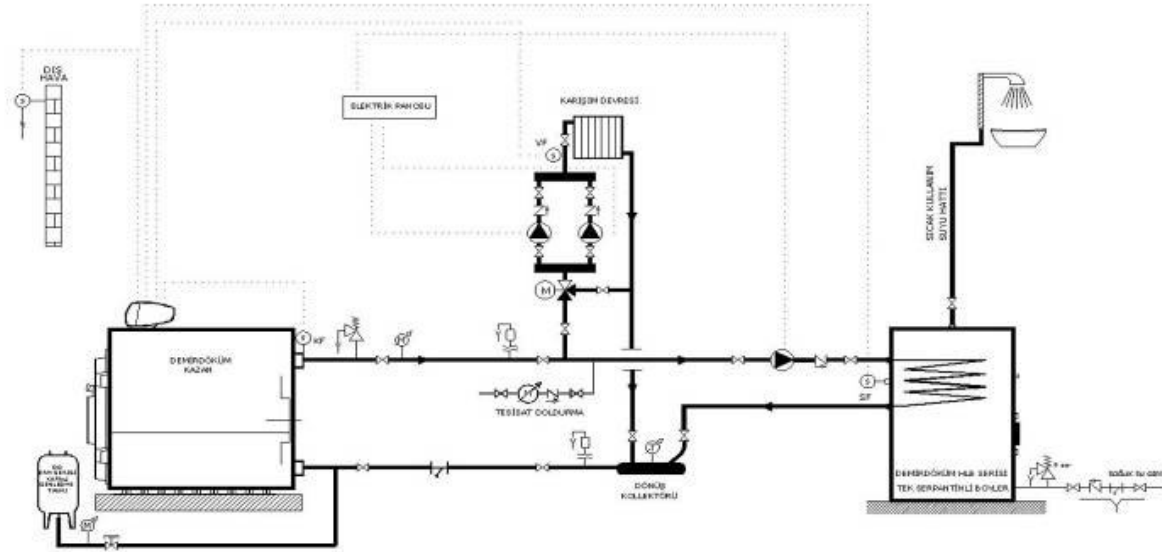


Not:

Pompa ve besleme kabloları en az 1,5mm kesitli ve çok telli olmalıdır.
Sensör ve bus kabloları en az 0,5mm kesitli ve çok telli olmalıdır.

AF - Dış hava sensörü	KVLF - Güçlü panel sensörü	 KİREZ vana	 hava tahliye sensörü	 4ç yönlü keçme vanası
VF - Akış sensörü	KSPF - Güçlü enerji tarık sensörü	 motorlu vana	 manometre	 pompa
KF - Kazan sensörü	OPS - Ortak akış sensörü	 vana	 termometre	 çekilif
SF - Boyler sensörü	DYS - Bypass sensörü	 hızlı emniyet ventili		 petik tutucu

Şekil 16. Tek kazanlı, direkt ısıtma devreli, boylarlı sistem örneği (1 adet SCP 22 pano-7 röle çıkışlı- kullanılmıştır.) (Anonim 2006)

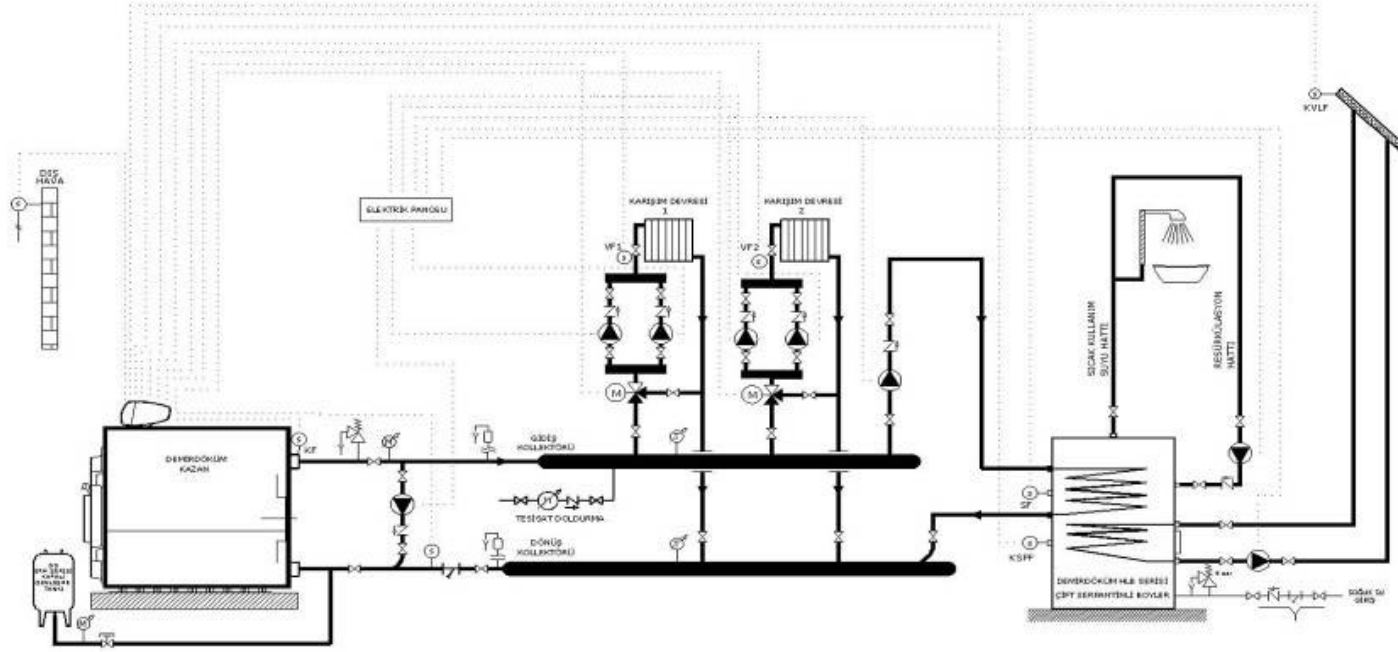


AF - Dış hava sensörü	KVLF - Güneş panel sensörü	1/2 - 3/4 - 1/2	3/4 - 1/2 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2
VF - Akış sensörü	KSPF - Çökeç seviye tankı sensörü	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2
KF - Kazan sensörü	CFS - Ortaki akış sensörü	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2
SF - Boyler sensörü	BVS - Bypass sensörü	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2
		1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2	1/2 - 3/4 - 1/2

Not:

Pompa ve besleme kabloları en az 1,5mm kesitli ve çok telli olmalıdır.
Sensör ve bus kabloları en az 0,5mm kesitli ve çok telli olmalıdır.

Şekil 17. Tek kazanlı, 3 yollu motorlu vanalı, boylerli sistem örneği (1 adet SCP 22 pano-7 röle çıkışlı- kullanılmıştır. (Anonim 2006)



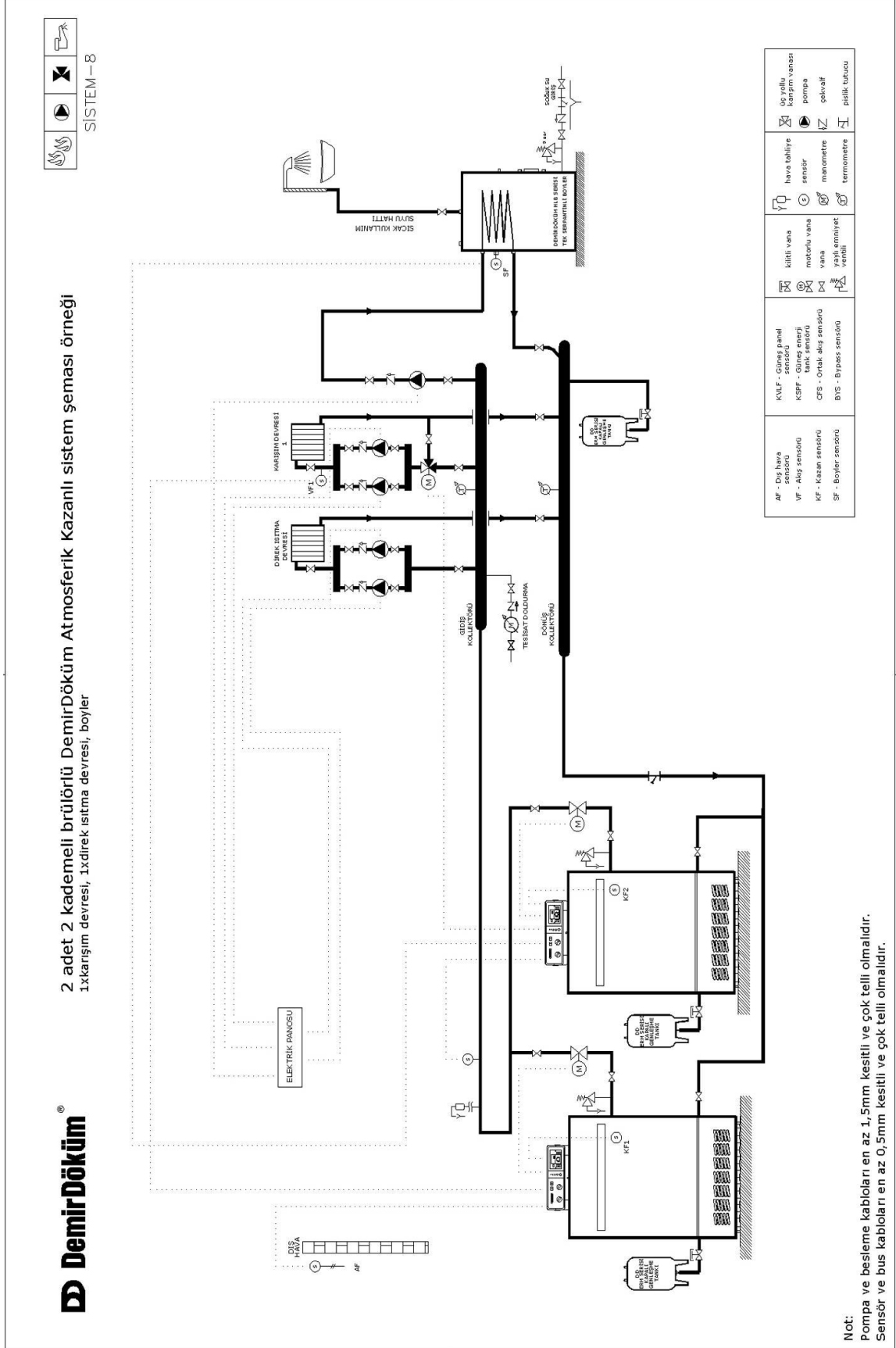
Not:
Pompa ve besleme kabloları en az 1,5mm kesitli ve çok telli olmalıdır.
Sensör ve bus kabloları en az 0,5mm kesitli ve çok telli olmalıdır.

AF - Dış hava sensörü	KVLF - Güneş panel sensörü	3 yollu vana	hava tahliye sensörü	üç yollu karışım vanası
VP - Akış sensörü	KSPF - Güneş enerjisi tank sensörü	motorlu vana	manometre	pompa
KP - Kazan sensörü	CFS - Ortak akış sensörü	D-d vana	termometre	geçiç
SF - Boyler sensörü	BYS - Bypass sensörü	gaz emniyet ventili		giriş tutucu

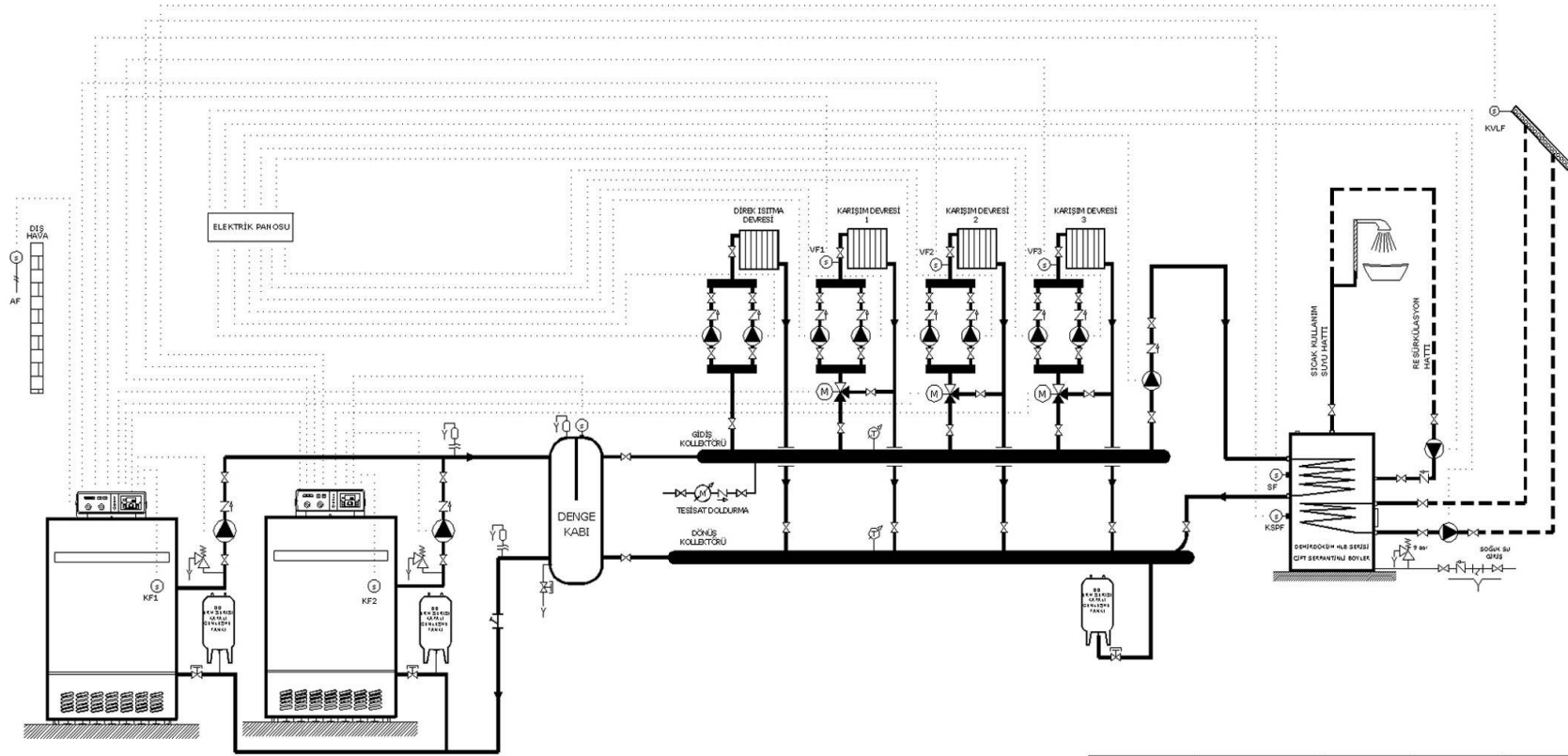
Şekil 18. 2 adet 3 yollu motorlu vanalı, resirkülasyon pompalı, güneş enerjili, boilerli sistem (1 adet SCP 23D pano-10 röle +2 değişken çıkışlı-kullanılmıştır) (Anonim 2006)

Aşağıda kaskad sistemlere ait örnekler verilmektedir. Kontrol ünitesi ilavesi ile kontrol edilen kazan sayısı 5 adede kadar çıkartılabilir.

Şekil 19'da 1 adet SCP 22 pano-7 röle çıkışlı- ve 1 adet SCP 23D-10 röle+2 değişken çıkışlı- pano kullanılmıştır. (SCP 23D panoya ait 2 değişken çıkış kazan devresinde motorlu vana için kullanılmıştır.)



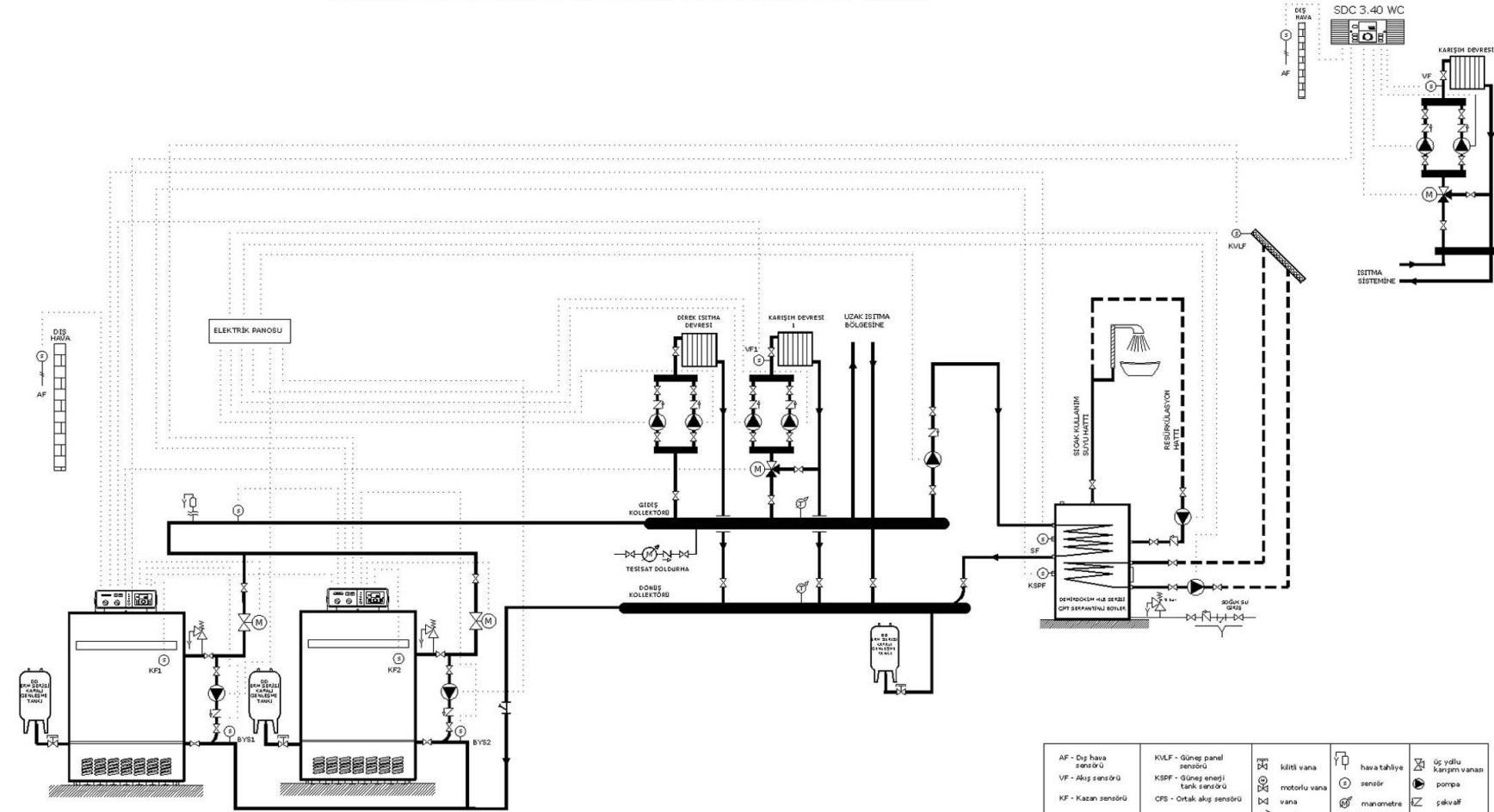
Şekil 19. 2 Kazanlı, 1 Karışım ve 1 Direkt Isıtma Devreli, Boylerli Sistem Örneği (Anonim 2006)



AF - Dış hava sensörü	KVLF - Güneş panel sensörü	Y	hava tahliye	5 yollu karışım vanası
VF - Akış sensörü	KSPF - Güneş enerji tank sensörü	M	senör	pompa
KF - Kazan sensörü	CFS - Ortak akış sensörü	X	vana	manometre
SF - Boyler sensörü	BYS - Bypass sensörü	W	yaylı emniyet ventili	çekvalf
				plak tutucu

Not:
Pompa ve besleme kabloları en az 1,5mm kesitli ve çok telli olmalıdır.
Sensör ve bus kabloları en az 0,5mm kesitli ve çok telli olmalıdır.

Şekil 20. 2 Kazanlı, 3 Karışım ve 1 Direkt Isıtma Devreli, Boylerli ve Güneş Enerjili Sistem Örneği (2 adet SCP 23D panolu, denge kaplı ve boyler resirkülasyonlu sistem) (Anonim 2006)



Not:
Pompa ve besleme kabloları en az 1,5mm kesitli ve çok telli olmalıdır.
Sensör ve bus kabloları en az 0,5mm kesitli ve çok telli olmalıdır.

AF - Dış hava sensörü	KVLF - Güneş panel sensörü	D1, D2, D3, D4, D5 - kilitli vana motorlu vana vana	☉ - hava tahliye sensörü	☉ - üç yollu karışım vanası
VF - Akış sensörü	KSPF - Güneş enerji tankı sensörü	D1, D2, D3, D4, D5 - manometre	☉ - pompa	☉ - püskürtücü
KF - Kazan sensörü	CFS - Ortak akış sensörü	☉ - yaylı emniyet ventili	☉ - termostat	
SF - Boyler sensörü	BYS - Bypass sensörü			

Şekil 21. 2 Kazanlı, 2 Karışım ve 1 Direkt Isıtma Devreli, 1 Uzak Bölge Isıtılmalı, Boylerli ve Güneş Enerjili Sistem Örneği (By-pass pompalı sistem 2 adet SCP 23D pano + 1 adet SDC 3.40WC bölge (zon) modülü (Anonim 2006)

3.6 BİREYSEL ISITMA SİSTEMLERİ

3.6.1 DUVAR TİPİ KOMBİ CİHAZLARI

Anonim (2005) çalışmasında doğal gazlı kalorifer uygulamalarında kullanılan ısı üretim cihazlarından olan duvar tipi kombi cihazları incelenmiştir. Duvar tipi şofben prensibi ile çalışan kombi cihazlarında hem ısıtma sıcak suyu hem de kullanma sıcak suyu birlikte üretilir. Cihazlar atmosferik brülörlü olup, ısıtma ve ısı değiştirgeci yüzeyleri paslanmaz çelik, bakır veya bronz malzemelerden yapılabilmektedir. Şekil olarak şofbenlere benzer ve duvara asılarak monte edilirler. Kombi bulunan bir evde ayrıca bir şofbene ihtiyaç yoktur. Doğal gaz veya LPG ile çalıştırılabilir. Şekil 22 ve 23' de ısıtma devresi ve kullanım suyu durumunda tesisatın çalışması gösterilmiştir.

Bu cihazların avantajları:

- Alternatiflerine göre ucuzdur.
- Hem ısıtma hem de kullanma suyu sağlamak aynı zamanda olasıdır.
- Duvara monte edildiği için az yer kaplar.
- Sirkülasyon pompası ve kapalı genişleme tankı üzerindedir.

Dezavantajları ise;

- Ömürlerinin 3-5 yıl gibi kısa olması.
- Servis ve yedek parça giderlerinin fazla olması (her ısıtma mevsimi sonunda bazı parça değişikliklerine ihtiyaç göstermesi.)
- Kapasitelerinin sınırlı olmalı (genellikle 20.000 kcal/h)
- Verimlerinin düşük olması.
- Otomatik kontrol sistemlerinin sınırlı olması.
- Tam güvenlik sistemine sahip olmaması.

2 kata kadar olan binalarda kombi cihazları daha pratik olabilir. Ancak 3 kat ve daha fazla katlı yapılarda servis sıklığı, baca problemleri ve binanın yangın güvenliği açısından merkezi sistem daha doğru çözümdür. Özellikle yangın güvenliği açısından çok katlı yapılarda kombi cihazlarının kullanılması ciddi riskler oluşturacaktır.

Şofbenlerin ekonomik ömrünün 8-10 yıl olduğu ve günde ortalama yarım saat kullanıldıkları düşünülürse, ısıtma mevsiminde günde ortalama 20 saat

çalışan kombi cihazların ömürlerinin cihaz kalitesine ve kullanıma bağlı olarak 3-5 yıl olması doğaldır.

Hermetik kombide çift cidarlı olan duman kenalı en fazla 2,5 m uzunlukta olabilir. Daha uzun olursa ters yönde olan sıcak baca gazları ile hava fazla ısındığı için fan durabilir ve yanma bozulur. Ayrıca sıcak hava fan kapasitesini her durumda etkilemektedir.

Sonuç olarak, duvar tipi şofben prensibi ile çalışan kombi cihazları en fazla 2 veya 3 katlı yapılarda, kazan monte edilecek yeri olmayan 80-100 m² daireler için dezavantajlarına rağmen pratik olmaktadır.

3.6.1.1 Cihazın Çalışma Prensibi

Cihaz, elektrik, tesisat ve kullanım suları ile gaz bağlantıları bu servis bülteninde ve kullanma kılavuzlarında belirtilen hususlar dahilinde yapıldıktan sonra çalışmaya hazır duruma gelir.

Cihazın çalıştırılması için “Yaz-Kış Anahtarı”nın yaz veya kış konumuna getirilmesi yeterlidir. Cihaz “0” konumunda Stand-by modundadır. Cihazın çalışma süreci aşağıda belirtildiği şekildedir :

Sisteme su doldurulması veya boşaltılması :

- Kullanım suyu devresi ile ısıtma tesisatı devresi arasında bulunan doldurma musluğu ile tesisat devresine su dolum işlemi uygulanır.

- Tesisat devresi gidiş ve dönüşü arasında bulunan otomatik by-pass vanası sistemde by-pass yapılması gerektiğinde bu işlevi otomatik olarak yerine getirmektedir.

- Tesisat dönüşünde bulunan Düşük Basınç Anahtarı sistemde yeterli basınçta su olduğu sinyali kontrol kartına gönderir. (Basınç yoksa Düşük Basınç Anahtarı elektrik devresini keser ve cihaz çalışmaz, arıza gösterge panelindeki düşük basınç gösteren led yanıp söner) Yarı dijital modelde ise ilgili hata kodu ekranda gösterilir.

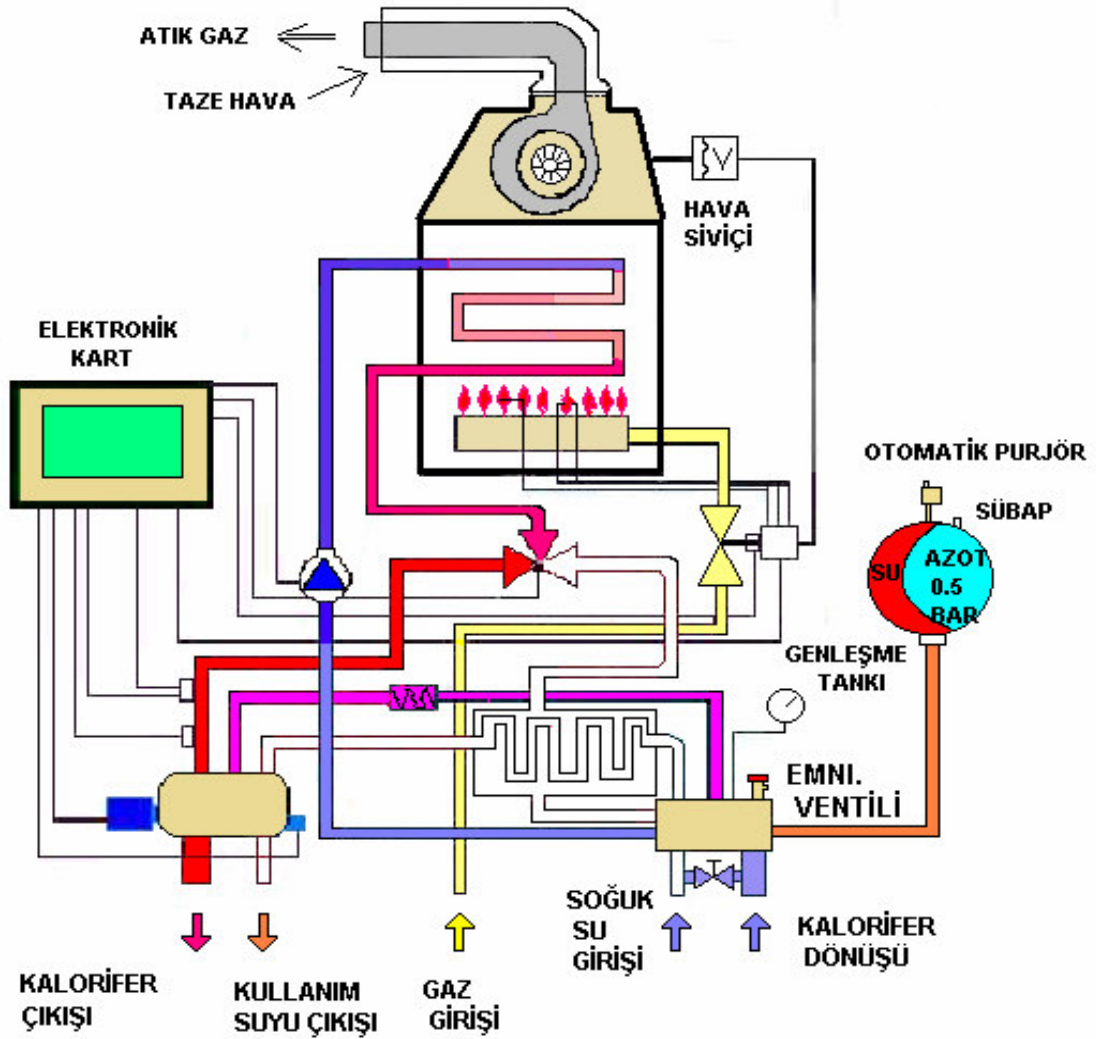
- Otomatik purjör kapalı devrede biriken havayı atar.

- Cihazın tesisat suyu boşaltılmak istendiğinde pompanın alt kısmındaki boşaltma vanası gevşetilir ve su dışarıya boşaltılır. (Ortamın kirlenmemesi ve

çevredekiler için tehlike yaratmaması için boşaltma vanası üstüne bir hortum bağlanarak akan su gidere verilmelidir.)

Isıtma Talebi :

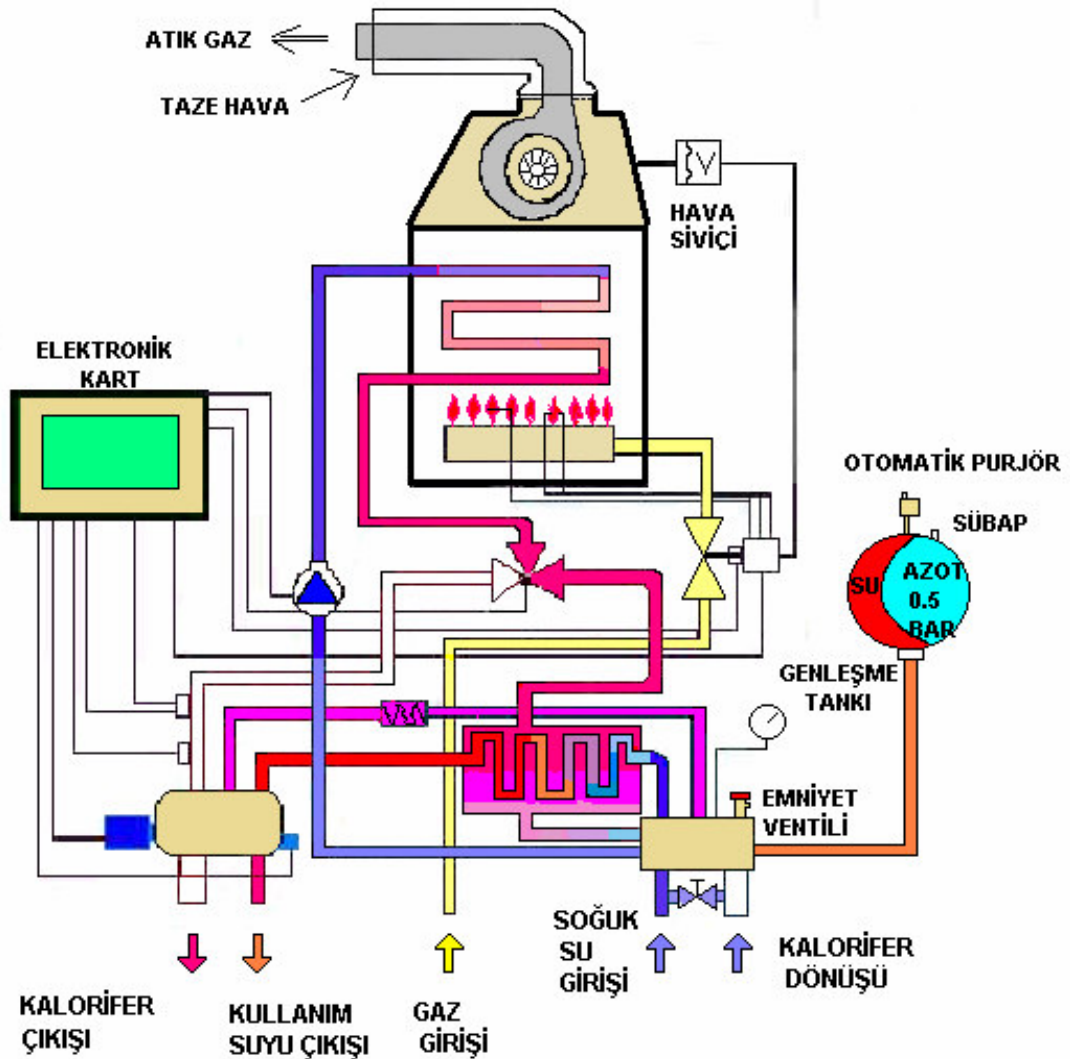
• Kontrol kartı ısı ihtiyacını değerlendirir. Eğer primer eşanjör çıkış suyu sıcaklığı ayar değerinin altına düşmüşse ve Yaz-Kış anahtarı kış konumunda ise karta "çalıştır" sinyali gönderir. (Eğer cihaza oda termostatu veya program saati takılmış ise bunlardan da "çalıştır" sinyalinin gelmesi gereklidir)



Şekil 22. Kombi Cihazı Kalorifer Isıtma Devresi Durumunda Çalışma Sistemi
(Anonim 2005)

Sıcak Kullanım Suyu Talebi :

• Kullanım suyu ihtiyacı doğduğunda su akış sensörü yeterli debinin geçip geçmediğini kontrol eder. Eğer yeterli debide su akışı varsa kontrol kartına "çalıştır" sinyali gönderir. Kontrol kartı, üç yollu vanaya enerji vererek üç yollu vananın tesisat ısıtma konumundan kullanım suyu ısıtma moduna geçmesini sağlar. Yeterli debide akış yoksa 4. maddeye göre sinyaller değerlendirilir.



Şekil 23. Kombi Cihazı Kullanım Suyu Devresi Durumunda Çalışma Sistemi (Anonim 2005)

Brülör Yanması :

- Kontrol kartı sensörler (tesisat ya da kullanım suyu) ve su akış sensöründen gelen "çalıştır" sinyallerini değerlendirir, pompa ve (hermetik tipte) fanı çalıştırır.

- Presostat (Hermetik tipte) yeterli fan çekişinin olduğu bilgisini kontrol kartına gönderir. Eğer yeterli çekiş yoksa cihaz ateşleme yapmaz, fakat pompa ve fan (Hermetik tipte) çalışmaya devam eder.

- Emniyet termostadı ve baca sensöründen (Bacalı tipte) gelen "emniyet koşulları uygundur" sinyalleri doğrultusunda gaz valfi gaz yolunun birinci kademesini açar ve brülöre gaz gönderir.

- Kontrol kartı ateşleme elektrodlarına yüksek voltajlı elektrik göndererek ateşlemeyi başlatır. (Hermetik tipte presostatın "yeterli çekiş var" sinyalinden 4-5 saniye sonra ateşleme gerçekleşir. Bu süre içinde fan hermetik kabin içindeki atık gazları ve yanmamış çığ gazları atar-ön süpürme)

- Emniyet termostadı, primer eşanjör sıcaklığının uygun olduğu sinyalini kontrol kartına gönderir. Eğer eşanjör sıcaklığı limit değerinden fazla ise gaz valfi, gaz yolunu açmaz (Brülör yanmaz) ve arıza durumuna geçer gösterge panelindeki aşırı ısınmayı belirten led yanıp söner, aşırı ısınma durumu ortadan kalkınca cihazın çalışması için elle resetleme işlemi gerçekleştirilmelidir.

- Baca sensörü bulunduğu yerdeki sıcaklığın uygun olduğu sinyalini kontrol kartına iletir. (Eğer baca çekişi yeterli değilse sensörün olduğu yerde sıcaklık artar, baca sensörü sıcaklık artışını kontrol kartına iletir, kart cihazı kapatır ve cihaz arıza durumuna geçer gösterge panelindeki baca sensörü problemini belirten led yanıp söner, problem ortadan kalkınca cihaz çalışmaya başlar) (Bacalı tiplerde)

- Ateşleme elektrodunda oluşan kıvılcım ile brülördeki gaz yanar. İyonizasyon elektrodu alevin oluştuğunu hisseder ve "yanma oluştu" sinyalini kontrol kartına iletir. Kart bu sinyali aldıktan sonra gaz valfinin ikinci kademesini de açar ve brülör yanar.

- Eğer program saati veya oda termostadı sistemi durduruyorsa, pompa ve fan son süpürmeyi yaptıktan sonra durdurulacaktır. Son süpürme (10 sn) sonrası üç yollu vana kullanım suyu (DHW) modunda bekleyecektir.

- Kontrol kartı, sensörlerden gelen sinyaller doğrultusunda, cihazı modülasyon yaparak kontrolde tutar. Emniyet sensörlerinden bir tanesinin olumsuz sinyali ile gaz valfi gaz yolunu kapatır, cihaz arıza durumuna geçer ve arızanın bulunduğu kısım ile ilgili led yanıp söner. Arıza gidirilinceye kadar lamba yanıp söner.

- Ateşleme süresi içinde iyonizasyon elektrodu alevi algıladıktan 3 saniye sonra ateşleme kesilir.

- Cihazın çalıştığı konuma göre gösterge ledleri kalorifer tesisatı yada kullanım suyu sıcaklıklarını gösterir.

Arıza Durumları ve Davranış Karakteristiği :

- Eğer ilgili arıza iyonizasyon hatası, aşırı ısınma veya baca sensörü (Bacalı tiplerde) hatası ise cihazın 'O' stand-by konumuna alınıp tekrar eski konumuna dönerek reset edilmesi gerekmektedir.

- Presostat (Hermetik Tipte) hava emişini yeterli miktarda hissedemez ise gaz valfi gaz yolunu kapatır, brülör söner, fan (Hermetik tiplerde) ve pompa çalışmaya devam eder. Cihaz arıza durumuna geçmez.

- Düşük Basınç Sivici (ya da sensörü) su basıncının azaldığını hissederse, cihazın elektrik beslemesini keser, gaz valfi kapanır, fan (Hermetik tipte) ve pompa durur. Arıza gösterge panelindeki düşük basınç gösteren led yanıp söner. Yarı dijital modeldeyse ilgili hata kodu ekranda gösterilir.

- Kullanım suyu alındığında kontrol kartı su akış sivicinden uyarı alır. Üç yollu vana motoru yardımıyla üç yollu vana, tesisat suyunu ısıtma tesisatı yerine, sekonder eşanjörden geçirir. Kullanım suyu alınması bittiği zaman üç yollu vana Tesisat Isıtması konumunu alır. Eğer kış konumunda ise ve kontrol kartı ısı ihtiyacı bildirirse cihaz 3 nolu dip siviçi durumuna göre ya 45 sn. bekler ya da hiç sönmeden ısıtma tesisatına çalışmaya devam eder. Eğer yaz konumunda ise su akış sensöründen "çalıştır" komutu gelene kadar cihaz beklemede kalır.

- Gaz beslemesi ya da iyonizasyon elektrodu probleminden dolayı cihaz sönerse, cihaz 1 dakika aralıklarla iki kez daha ateşlemeyi dener. Toplam 3 denemeden sonra ilgili uyarı lambası yanar. Bu durumda cihaz 'O' konumuna alınıp daha sonra eski konumuna (yaz ya da kış) alınarak reset yapılır. Bu

durumda cihaz arıza durumunun ortadan kalkıp kalkmadığını kontrol eder ve toplam 3 kez daha ateşlemeyi dener. Eğer arıza ortadan kalkmışsa ateşleme başarılı olur ve brülör yanar. Arıza ortadan kalkmamışsa ateşleme başarısız olur arıza lambası tekrar yanar.

- Eğer Isıtma devresi (CH) sıcaklığı emniyet termostatına rağmen 105°C sıcaklığa ulaştıysa, fan Isıtma devresi (CH) sıcaklığı 100°C'ye düşüncüye kadar çalışacaktır.

- Eğer ısı ihtiyacı var ve henüz daha brülör ateşleme işlemi başlamadan 15 sn içinde alev algılanıyorsa sistem iyonizasyon arızası ile kalıcı arıza durumuna geçecektir.

- Eğer alev yokluğu arızası veya aşırı ısınma nedeniyle arızaya geçen olan sistem beş kereden fazla reset edildiyse, sistem bir saat içerisinde tekrar reset edilemez. Bir saat sonra ise yalnız bir sefer resetlenebilmektedir. Eğer tekrar aynı arızaya geçiyorsa sistem kendisini kilitlemekte ve bir saat daha resetlenebilmek için beklemektedir. Bu anlatılan özelliğin herhangi bir konumunda kombinin elektrik beslemesi kesilip tekrar verildiğinde ve ardından açma/kapama düğmesiyle resetlendiğinde, sistem başlangıç konumuna getirilebilmektedir.

- Eğer kombiye ilk enerji verildiğinde baca sensörü açık devre ise, sistem baca sensörü arızası verecek ve baca sensörü kısa devre edildiğinde sistem otomatik olarak çalışacaktır. Sonra tekrar baca sensörü açık devre verirse 10 dk. sistem hiç bir şekilde çalıştırılmayacak, bu sürenin sonunda tekrar baca sensörü kontrol edilecek ve problem çözülmüş ise sistem çalışacaktır. Eğer çözülmemişse sistem aynı bekleme süreleri içerisinde 2 deneme daha yapıp arızaya geçecektir.

- Eğer kombiye ilk enerji verildiğinde baca sensörü kısa devre ise ve sonra baca sensörü açık devre verirse 10 dk. sistem hiç bir şekilde çalıştırılmayacak, bu sürenin sonunda tekrar baca sensörü kontrol edilecek ve problem çözülmüş ise sistem çalışacaktır. Eğer çözülmemişse sistem aynı bekleme süreleri içerisinde 2 deneme daha yapıp arızaya geçecek.

- Alev yokluğu (İyonizasyon), aşırı ısınma ve baca arızası için kalıcı olarak arızaya geçme özelliği mevcuttur. (Reset gerektirir)

- Kalıcı arıza durumu reset seçimi ile resetlendiğinde sistem, 30 sn bekleme süresinden sonra çalışabilir.
- Sistem her 24 saatte bir kendini reset eden bir özelliğe sahiptir.
- Tesisat suyu sıcaklığı (CH) istenilen değere ulaştığında ve tekrar tesisat suyu ısı ihtiyacı olduğundaki bekleme süresi olan “Anti-fast cycling time”, oda termostatının veya program saatinin kontaklarının açılıp kapatılmasıyla veya off/reset seçimiyle veya kullanım suyu (DHW) alımıyla resetlenmektedir.
- Arıza durumunda son süpürme sonrası, pompa durdurulmaktadır.
- Reset konumunda cihaz beklerken üç yollu vana Kullanım suyu (DHW) konumunda olacaktır.
- Sistem yaz veya kış seçiminde, Isıtma veya Kullanım suyu (CH veya DHW) modunda çalışırken seçici anahtar reset yapılırsa brülörün susmasıyla beraber fan ve pompa son süpürme zamanlarından sonra kapanacaktır.
- Donma emniyeti ve antiblokaj fonksiyonları reset konumunda da çalışabilmektedir.
- Eğer kombi arızaya geçmesi ve sistem donma emniyetine geçtiyse, sadece pompa sürekli çalışacak.
- Tesisat suyu (CH) sıcaklık sensörü, sıcaklığın ivmelenmesini $\Delta=5^{\circ}\text{C}/\text{sn}$ veya brülör kapanıp tekrar çalışmaya başladığında brülör kapandığındaki değerle brülörün çalışmaya başlayacağı andaki sıcaklık değerleri arasındaki farkı 15°C artan bir sıcaklık değeri olarak algılayarsa, sistemde pompa blokajı olduğunu anlaşılmaktadır. Bu durumda, CH sıcaklık sensörünün değeri 46°C 'ye düşüncüye kadar brülör ateşlenmemektedir. (Anonim 2005)

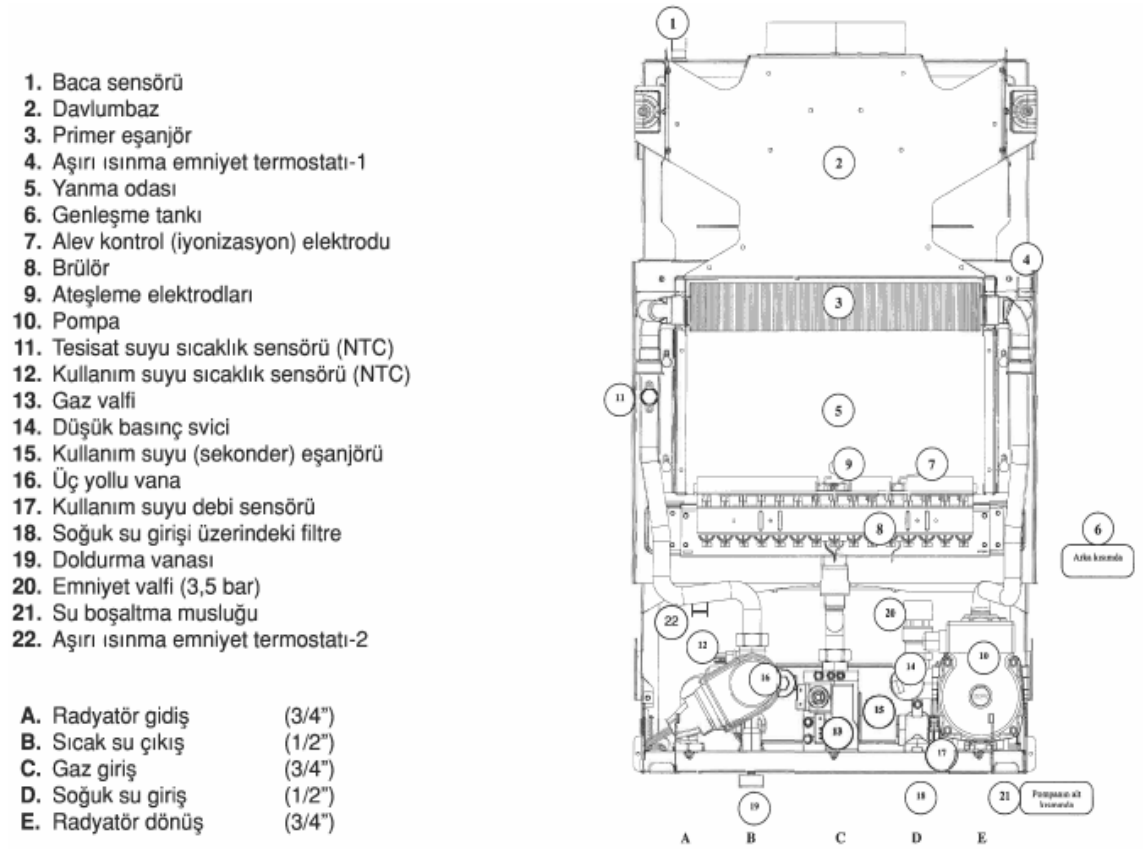
3.6.1.2 Çalışma Prensibine Göre Kombi Tipleri

Çalışma prensibine göre kombiler üç tiptedir:

- Bacalı Kombi
- Hermetik Kombi
- Yoğuşmalı Kombi

Bacalı Kombi

Bacalı tip kombilerde, yanma havası, kombinin bulunduğu ortamdan sağlanmakta, atık gaz baca kanalı ile atmosfere atılmaktadır. Bacalı kombide iki önemli nokta bulunmaktadır. Birincisi bu tip kombilerin monte edileceği ortamlarda havalandırma şartlarının yeterli olması gerekmektedir. İkincisi ise uygun boyutlarda çekişi iyi olan bir baca bulunmalıdır. Bacalı kombinin bulunduğu ortamdaki havalandırma menfezinin kapatılması son derece tehlikeli olup bu nedenle pek çok kombi zehirlenmesi meydana gelebilmektedir.

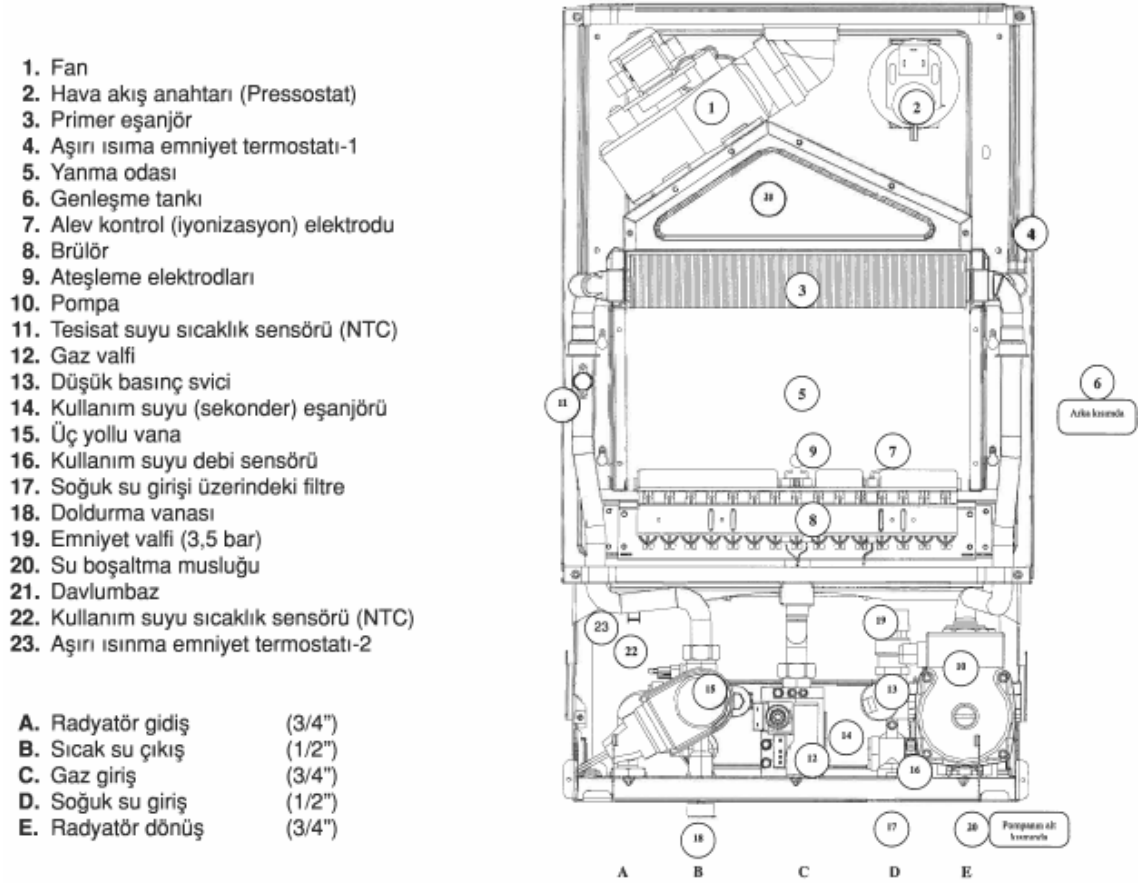


Şekil 24. Bacalı Kombi Komponentleri (Anonim 2005)

Hermetik Kombi

Hermetik kombilerde yanma için gerekli olan taze hava bir fan kiti ile dış atmosferden alınıp yanma sonucu oluşan atık gaz aynı sistemle atmosfere atılmaktadır. Yanma tamamı ile kapalı bir yanma odası içerisinde mahalden bağımsız olarak gerçekleştirildiğinden yanma sırasında ortamın havası kullanılmaz. Bu nedenle ortamın havalandırılmasına gerek yoktur. Bu özelliklerinden dolayı bu tip cihazlar yatak odası dışında atmosfere bitişik duvarı olan ortamlara monte edilebilmektedir.

Hermetik kombiler bacası olmayan veya uygun koşullarda bacası bulunmayan konutlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 25. Hermetik Kombi Komponentleri (Anonim 2005)

Yoğuşmalı Kombi

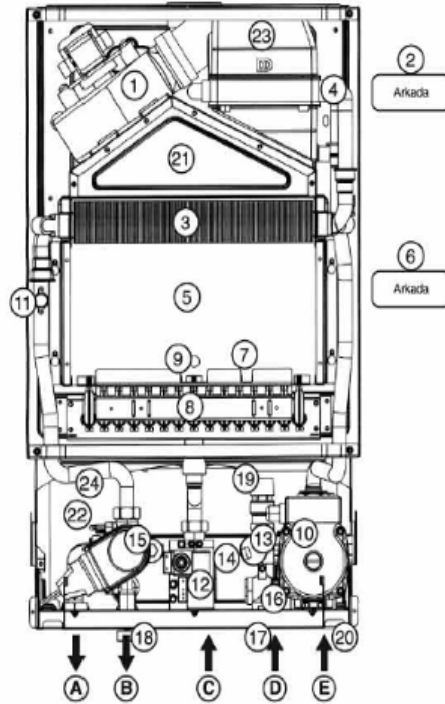
Klasik kombilerde, yakıtın içerisinde bulunan ve yanma sırasında ortaya çıkan suyun buharlaştırılması içinde enerji harcanmaktadır. Bu enerjiye yakıtın gizli ısı da denilmektedir. Yakıtın bu durumdaki enerjisine alt ısı enerjisi denir. Yoğuşmalı tip kombilerde sözü edilen su baca gazı çıkış sıcaklığı düşük tutularak buharlaştırılmamakta ve sıvı olarak alınmaktadır. Yakıtın bu durumdaki enerjisine ise üst ısı enerjisi denir.

Yoğuşmalı sistemde yakıtın üst ısı enerjisi kullanıldığından bu tip kombilerin verimi klasik sistemlere göre % 10-15 daha fazladır. Ayrıca düşük baca gazı sıcaklığı nedeniyle atmosfere zararlı azotoksitler (NO_x) verilmemektedir. Bazı avrupa ülkelerinde yoğuşmalı sistemlerin zorunlu olarak kullanılması istenmektedir.

Düşük sıcaklık sistemi prensibine göre çalıştığından kullanılacak radyatör sayısı klasik sisteme göre daha fazla olmaktadır. Gaz hattında yoğuşmuş su bulunduğundan atık gazın geçtiği kombi ve baca bölümleri paslanmaz çelikten yapılmaktadır. Bu durum bu tip cihazın klasik cihazlara göre daha pahalı olmasına neden olmaktadır.

1. Fan
2. Hava Akış Anahtarı (Presostat)
3. Primer Eşanjör
4. Eşanjör Koruma Termostadı
5. Yanma Odası
6. Genleşme Tankı
7. Alev Kontrol (Iyonizasyon) Elektrodu
8. Brülör
9. Ateşleme Elektrodları
10. Pompa
11. Tesisat Suyu Sıcaklık Sensörü (NTC)
12. Gaz Valfi
13. Basınç Sensörü
14. Kullanım Suyu (Sekonder) Eşanjörü
15. Üç Yollu Vana
16. Kullanım Suyu Debi Sensörü
17. Soğuk Su (Kullanım Suyu) Giriş Filtresi
18. Doldurma Vanası
19. Emniyet Valfi (3.5 Bar)
20. Su Boşaltma Musluğu
21. Davlumbaz
22. Kullanım Suyu Sıcaklık Sensörü (NTC)
23. Yoğuşma Ünitesi
24. Aşırı Isınma Emniyet Termostadı

- | | |
|-------------------|--------|
| A. Radyatör gidiş | (3/4") |
| B. Sıcak su çıkış | (1/2") |
| C. Gaz giriş | (3/4") |
| D. Soğuk su giriş | (1/2") |
| E. Radyatör dönüş | (3/4") |



Şekil 26. Yoğuşmalı Kombi Komponentleri (Anonim 2005)

3.6.1.3 Alev Ayarına (Modülasyon) Göre Kombi Tipleri

Aç – Kapa (On-Off) Tip

Ayarlanan termostat sıcaklığına bağlı olarak alev ya tam kapasitededir. Yada tamamen kapalıdır. Her durma ve çalışma yakıt tüketimini olumsuz yönde etkiler.

İki Modülasyonlu Tip

Bu sistemde iki ayrı veriye göre alev ayarı yapılmaktadır. Birincisi sıcak su kullanım hattı için oransal bir yanma sağlar.

İkincisinde ise kombi üzerindeki istenilen termostat sıcaklığına bağlı olarak alev ayarlanmaktadır. Örneğin termostat 65°C'ye ayarlanmış ise ısıtma devresindeki su sıcaklığı bu değere yaklaştığında su sıcaklığı kontrol edilerek alev kısılır, uzaklaştığında açılır.

Üç Modülasyonlu Tip

Bu sistemde yukarıda sözü edilen iki modülasyonun dışında oda sıcaklığı da üçüncü bir veri olarak kaydedilmektedir. Oda sıcaklığı bu değere yaklaştığında alev kısılır, uzaklaştığında ise açılır. Bu sistemler kombinin gereksiz yanmasını önleyerek enerji tasarrufu sağlar.

3.6.1.4 Ateşleme Sistemlerine Göre Kombi Tipleri

Kombiler ateşleme şekline göre ikiye ayrılmaktadır:

- Pilot alevli kombi
- Elektronik ateşlemeli kombi

Pilot Alevli Kombi

Bu tipte cihaz devredeyken, pilot alevi sürekli olarak yanar durumdadır. İlk işletmeye alma safhasında gaz ve çakmak düğmesine aynı anda basılarak pilot alev yakılır. Sistem çalıştığı sürece pilot alev yanar durumdadır. Yanan durumdaki pilot alev gerektiğinde atmosferik brülörün devreye girmesini sağlar.

Elektronik Ateşlemeli Kombi

Elektronik ateşleme tip kombide atmosferik brülör sıcak su devresi ya da ısıtma devresi işleme girmesi gerektiğinde elektronik ateşleme sonucu otomatik olarak devreye girer. Bu tip kombilerde pilot alevi olmadığından pilot alevindeki gibi ek bir tüketim söz konusu değildir.

3.6.1.5 Kombinın Kullanıldığı Yerler ve Avantajları

Kombiler 30.000 kcal/h'e kadar ısı kaybı olan yerlerde kullanılmaktadır. İleride açıklanacak kaskat sistemi ile kapasite daha yüksek değerlere çıkabilmektedir.

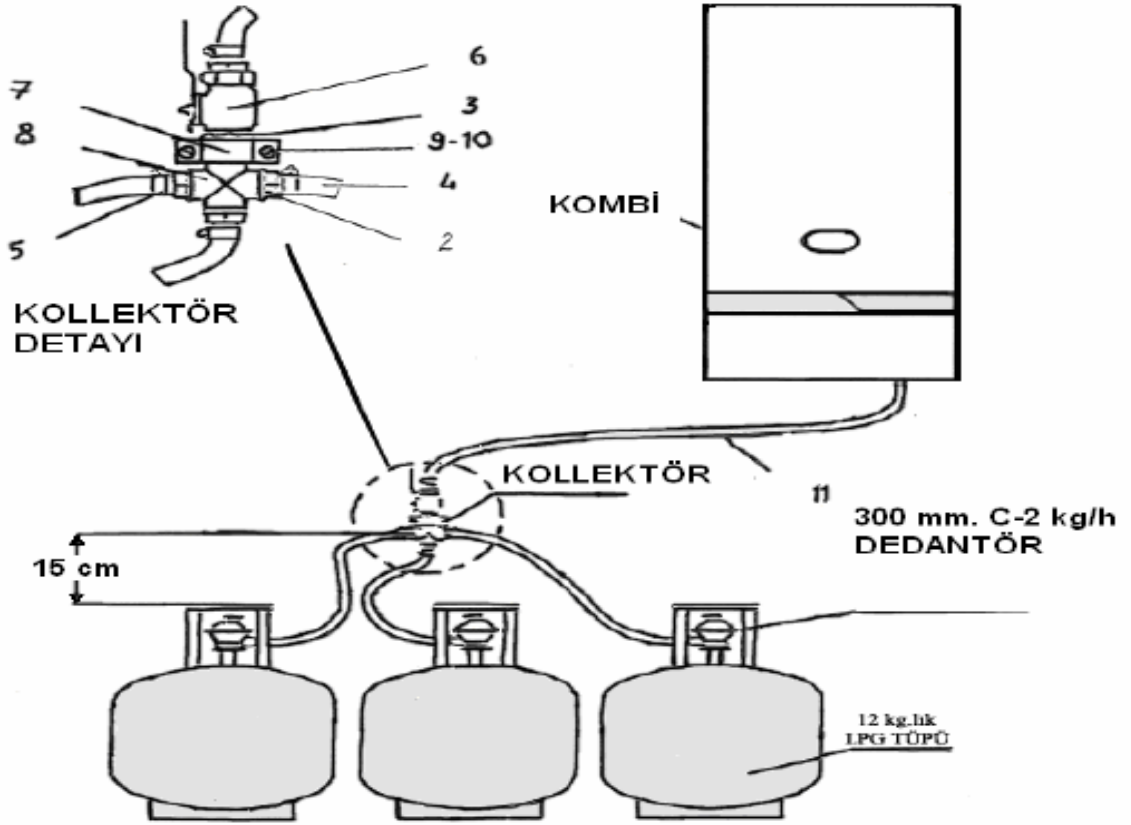
Kullanılacak dairenin ısı hesabı tekniğine uygun bir şekilde yapıldıktan sonra ortamın durumuna göre yukarıdaki tip kombilerden biri seçilerek kullanılır. Farklı kapasitelerdeki Kombi cihazları arasında dizayn yönünden önemli bir fark yoktur. Büyük kapasiteli kombilerde, gaz valfi, eşanjör, dolaşım pompası, boyler ve genişleme deposu kapasitesi küçük kapasiteli kombilere göre daha büyüktür. Ayrıca atmosferik yakıcı adedi daha fazladır.

Bu tip cihazlarda atmosferik yakıcı, dolaşım pompası, kapalı genişleme deposu, eşanjör, boyler, üç yollu vana ve bunları kontrol edebilen elektronik kontrol ünitesi, cihaz içerisinde yer almaktadır.

Bütün üniteleri ile birlikte komple bir cihaz olan kombinın doğrudan tesisata bağlanması yeterlidir. Bir mahalın ısı kaybı hesabı yapıldıktan sonra uygun kapasiteli bir kombi seçilebilmektedir.

Kombinin yaygın olarak kullanılması, doğal gazın gelmesi ile artmıştır. Doğal gaz bulunmayan yerlerde kombinın LPG ile kullanımı da görülmektedir. 12-24 kilogramlık tüplerin yanısıra "DÖKMEGAZ" uygulanmasıyla da yaygınlığı gittikçe artmaktadır.

Şekil 27'de 12 kg'lık üç tüp ile yapılan LPG uygulaması görülmektedir.



Şekil 27. 3*12 kg LPG Tüplü Bağlantı Şeması (Anonim 2005)

3.6.1.6 Kombi Cihazları Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Tam emniyet sistemi

Cihaz tam emniyet sistemine sahip olmalıdır. Tam emniyet sisteminin içinde;

- 2 ya da 3 adet manyetik gaz ventili
- İyonizasyonla alev kontrolü
- Düşük basınç kontrolü (presostat veya benzeri sistemlerle)
- Geniş modülasyon aralığı (%10.....%100 aralığı gibi) özellikleri bulunmalıdır.

Tek manyetik ventil kullanılması halinde, gaz yolundan ventile pislik gelmesi v.b. nedenlerle gaz ventili tam kapatamayabilir ve sızıntı riski oluşabilir. 2 yada 3 seri ventil kullanılması emniyeti 2 ya da 3 kez artırır. Pilot alevli sistemlerde gereksiz enerji sarfiyatı yanında, ters hava akımları

sonucunda pilot alevin sönmesi riski vardır. Ayrıca düşük basınç kontrolü olmazsa, gelen gazın basıncının çok düşmesi halinde gaz sızıntısı riski doğar. Buna karşı da düşük gaz basıncı emniyeti olmalıdır. Hermetik kombilerde fanın, brülör çalışmazken de çalışması nedeniyle gaz kaçağı riskine karşı emniyet alınır.

Modülasyon

Kaliteli, ekonomik bir kombi modülasyon kontrollü, yani su ve oda sıcaklığına göre alev boyunu ayarlayabilen tipte olmalıdır. Bu tür cihazlar on-off kontrollü cihazlara göre önemli ölçüde tasarruf ve konfor sağlamaktadır. Modülasyon yapabilen kombilerdeyse, modülasyon aralığı en geniş olan kombiler kullanılmalıdır. Bu tür kombilerde max. tasarruf ve konfor sağlanır. Bunu bir başka özelliği eşanjörün daha düşük sıcaklık etkisinde kalması ve ömrünün uzamasıdır.

Sıcak Su Eşanjörü

Klasik sıcak su eşanjörlerinin boyutları çok ufaktır. Bu cihazlarda eşanjörlerde çok çabuk kireçlenme olmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklık, korozyona sebep olmaktadır. Bu eşanjörlerin yerine serpatinli mini boyler kullanılan kombiler tercih edilmelidir. Bu sistemde boylerde sürekli rezerv su olması , özellikle yaz mevsiminde sıcak su ihtiyacına çabuk cevap verebilmesi avantajını, dolayısıyla enerjiden ve sudan tasarruf edilmesini sağlar.

Diagnostik Arıza Teşhis Sistemi

Modern bir kombi arızasını hata mesajlarıyla kullanıcıya ve servise gösterebilmelidir.

Mekanik kontrollü (flowing switch v.b gibi elemanlar kullanılan) kombiler yerine, termostat kontrollü elektronik kombilerin kullanılması, sisteminin ihtiyaçlarına çabuk cevap verebilmesi nedeniyle konfor ve ekonomi sağlayacaktır. Hermetik kombilerde, istendiğinde iki ayrı baca kullanılabilir (taze hava ve egzost) için tipde konstrüksiyonlar seçilmelidir. İç içe bacalarda egzost havasının taze havayı ısıtması sonucu fan kapasitesi düşecektir. Bacalı

kombilerde, mutlaka baca sensörü kullanılmalıdır. Kombi cihazları tesisatta genelde en üstte kotta olduğu için, kolay hava tahliyesi yapılabilecek çözümler tercih edilmelidir. (Anonim 2005)

3.7 ISITICI ELEMANLAR

Bu kısımda sıcak su ve buharlı merkezi ısıtma tesisatlarında kullanılan çeşitli tip ısıtıcı elemanlar üzerinde durulacaktır. Bu elemanları aşağıdaki başlıklar altında sınıflandırmak mümkündür.

- 1) Çıplak Borulu Isıtıcılar
- 2) Radyatörler
- 3) Eşanjörler

3.7.1 ÇIPLAK BORULAR

3.7.1.1 Düz Borular

Düz borular ısıtıcı elemanların en basit şeklidir. Yatırım maliyeti yüksektir. Ancak kolay uygulanabilirlik ve kolay temizlenebilme üstünlükleri vardır. Çıplak boruların ısıtıcı eleman olarak kullanıldığı örnek uygulama alanı seralardır. Genellikle ısıtıcı yüzey olarak kullanılan düz boruların anma çapları 1” parmak ile 4” parmak arasında değişmektedir. İçinden sıcak su veya buhar geçen, durgun havaya yerleştirilmiş düz borularda ısı transfer hızı düşüktür. Dolayısıyla belirli bir ısı yükünü karşılayabilmek için göreceli olarak uzun boru boylarına ihtiyaç vardır. Bu ısıtıcı elemanlardan yayılan ısı,

$$Q = K \times F \times \Delta T$$

olarak ifade edilir. Burada, ΔT boru içindeki ortalama akışkan sıcaklığı ile durgun hava sıcaklığı arasındaki fark, F yüzey miktarı ve K toplam ısı transfer katsayısıdır.

Serbest yatay boruda K katsayı değeri yaklaşık 10 kcal/h mertebesindedir. Dik borular, yatay borulara göre aynı şartlarda %10 mertebesinde daha fazla ısı yayarlar. Buna karşılık duvar veya tavana yakın geçirilen borularda ısı yayımında %20 mertebesine varan düşmeler meydana gelir. Tek yatay serbest boru yerine üst üste yerleştirilmiş boru dizileri kullanıldığında boru dizisinin toplam ısı yayımı tek boruların ısı yayımları toplamından daha küçüktür. Boru dizileri halinde uygulanacak ısı yayımı düşürme faktörleri,

- İki boru 0.95
- Dört boru için 1.85
- Altı boru için 0.75
- Sekiz boru için 0.65 olarak alınabilir.

3.7.1.2 Kanatlı Borular

Boru içindeki sıcak su veya buhardan, boru dışındaki durgun havaya ısı akışında en büyük direnç boru dış yüzeyindeki durgun hava filminde meydana gelir. Bu nedenle boru yüzeylerinden odaya olan ısı yayılımı, hava ile temastaki boru dış yüzeylerini büyütmeyle önemli ölçüde artırılabilir. Kanatlı borular bu amaçla geliştirilmiştir. İç yüzeye oranla oluşturulacak kanatlı yüzey miktarı göreceli olarak boru cidarı ile hava ve boru cidarı ile su arasındaki ısı transfer katsayıları oranına göre saptanır. Genel olarak kabul edilmiş yüzey ısı transfer katsayılarına göre borunun her iki yüzündeki film kat sayıları oranları çeşitli haller için aşağıda verilmiştir.

- Yüksek hızlı sudan, durgun havaya $1/300$
- Düşük hızlı sudan, yüksek hızlı havaya $1/4$
- Yüksek hızlı buhardan, durgun havaya $1/300$
- Düşük hızlı buhardan, yüksek hızlı havaya $1/4$

Üretimdeki pratik zorluklar boru yüzeylerinin genişletilmesi işlemini belirli oranların ötesinde sınırlar. Buhar veya su ile ısıtma amacı ile kullanılmak üzere mevcut ticari kanatlı boruların çoğunda iç yüzey / kanatlı dış yüzey oranı $1/10-1/30$ arasında değişir.

Kanatlı boru üretiminde özellikle kanatla borunun sıkı bir temas halinde olmasına dikkat edilmelidir. Aynı şekilde uygun kanat formlarının seçilmesi hem kanadın ısıl verimi, hem de boruların kolayca temizlenebilir olma özelliği bakımından çok önemlidir. Bazı kanat formları yüksek verimli olsa da uygulama alanında kil ve toz toplanmasına uygun ise tercih edilmelidir.

Kanatları imalat biçimine göre üç başlıkta toplamak mümkündür.

- 1) Geçme Kanatlar
- 2) Sarma Kanatlar
- 3) Borunun kendisinden meydana getirilen kanatlar

Kalın cidarlı boruların sert diskler arasında haddelenmesi ile oluşturulan son gruptaki kanatlar yüksek verimleri ile tercih sebebidir. Boru malzemesi genellikle çelik, alüminyum veya bakırdır. Kanatlı borularda, düz boruya göre her ne kadar cidarla hava arasındaki film katsayısı bir miktar düşse de yüzey önemli ölçüde artığından aynı miktar ısı çok daha kısa boru boyunda verilebilir. Yaklaşık olarak düz boruya göre 10 misli daha kısa kanatlı boru ile aynı koşullarda aynı ısı verilebilir. Böylelikle yerden ve ağırlıktan önemli ölçüde artırım sağlamak mümkündür.

Çelik borulardan yapılan serpantinler ömürlerinin kısa olması, bakır boru alüminyum kanatlı serpantinlerin ise kanat aralıklarına pislik dolması ve temizleme zorlukları en önemli dezavantajıdır. Kanatlı borular genellikle fan-coil sıcak hava apareyleri ve klima santrallerinde yüksek hava hızları altında kullanılır.

3.7.2 RADYATÖRLER

3.7.2.1 Radyatörlerde Isının Yayılışı

Dağsöz (1998) kitabında radyatörlerde ısının, çevreye ışınım (radyasyon) ve taşınım (konveksiyon) olmak üzere iki yolla yayıldığını belirtmiştir. 90/70°C sıcak sulu ısıtma tesislerinde ortalama yüzey sıcaklığı 80 °C olup, bu düşük sıcaklıktaki ışınım miktarı azdır. Genel olarak radyatörlerde ısının ancak %20-40 arasındaki radyatörün malzemesinden çok boyanın cinsi ve radyatörün geometrisi etki etmektedir. Siyah ve mat boyalı radyatörlerde ışınım fazladır. Ancak boyanın rengi fazla etkili değildir. Parlak metalik boyalarda ise ışınım önemli ölçüde azalır. Alüminyum veya bronz gibi parlak metalik boyalar ışınımı %50, toplam radyatör ısı gücünü ise %10 mertebesinde düşürür.

İkinci etken radyatör geometrisidir. Dış projeksiyon yüzey alanı fazla olan radyatörlerde ışınım oranı da yüksektir. Bu açıdan ince döküm radyatörlerde ve panel radyatörlerde ışınım oranı yüksektir. Alüminyum radyatörlerde ise kanatlı yüzeyler kullanıldığında, dış yüzeyler doğrudan su ile temas etmez ve daha düşük sıcaklıktadır. Bu nedenle ışınım oranları düşüktür. Yüzey pürüzsüzlüğünün de ışınımına etkisi vardır. Pürüzlü döküm yüzeylere göre bir

parça daha iyi ışınlam yaparlar. Merdiven boşluğunun oluşturduğu baca etkisinin dezavantajlarını azaltmak için ve yüksekliği fazla olan hacimlerde ışınlama ısı geçişi fazla olan radyatörler kullanılmalıdır. Böylece elde edilen yatay ısı dağılımı yüksekliğin ısınmaya olumsuz etkisini azaltır.

3.7.2.2 Radyatörlerin Isıl Gücü

Dağsöz (1998) kitabında radyatörlerin ısı güçleri üretici firmalar tarafından yaptırılan standart deneyler sonunda (DIN 4704) belirlendiğini ifade etmiştir. Radyatör seçimi bu deney sonuçlarına göre hazırlanan firma kataloglarından yapılır.

Radyatörlerin karşılaştırılması için norm ısı gücünün tanımı gerekmektedir. Norm ısı gücü 90°C su girişi sıcaklığı ve 70°C su su çıkış sıcaklığı olması halinde ; ortam sıcaklığı 20°C ve basıncı 1 Atmosfer (mutlak) iken radyatörün verdiği ısı miktarıdır. Bu durumda radyatördeki su ile ortam havası arasında ortalama sıcaklık farkı 60° C değerindedir. Uygulamada farklı sıcaklık ve basınç şartlarında çalışma söz konusu ise norm ısı gücünde düzeltme yapmak gerekir. Ortalama sıcaklık farkı 60° C değerinden farklı ise ısı gücü,

$$Q = Q_0 \times \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_0} \right)^{1.3} \text{ şeklinde ifade edilebilir.}$$

Burada,

Q_0 : Norm ısı gücü

ΔT_0 : 60°C

1,3 üst değeri ortalama bir değer olup her radyatör için deneysel olarak belirlenmelidir.

Basınç düzenleme faktörü ise ;

$$F_p = (P_0/P) \times 0.75$$

olarak ifade edilebilir. Burada $P_0 = 1013$ mbar değerindedir. P ise bulunan ortalama basıncıdır. (mbar)

Genel olarak farklı basınç ve sıcaklıklardaki radyatör güçleri firma kataloglarında belirtilir.

3.7.2.3 Radyatörlerin karşılaştırılması

Türkiye’ de üretilen farklı radyatör tipleri arasında seçim yapabilmek üzere dikkate alınması gerekli özellikler veya başka bir deyişle karşılaştırma konuları aşağıda sıralanmıştır. Ayrıca tabloda çeşitli radyatörler bu konulara göre puanlanarak birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma konuları:

- 1) Kapladığı hacim ve projeksiyon alanı: Bu değerler kıymetli yapı kullanım alanlarında ısıtıcıların kapladığı yer açısından önemlidir. Özellikle, parapet altı (niş) bulunmayan yerlerde, radyatörün niceliği önemlidir. En ince radyatörler, Alurad ve tek panel radyatörlerdir.
- 2) Ağırlık: Isıl atalet ve montaj kolaylığı açısından önemlidir.
- 3) Su hacmi: Yine radyatörün ısıl ataleti ile ilişkilidir. Su hacmi fazla ve ağır olan radyatörler geç ısınır, geç soğurlar. En ağır radyatörler döküm olanlardır. En fazla hacme sahip radyatörler ise dilimli çelik cinslerdir. Sonuçta ağırlık ve su hacminin getirdiği atalet dezavantajı döküm ve çelik radyatörlerde en fazla olup, sonra sırası ile panel ve alüminyum radyatörler gelmektedir. Öte yandan su hacminin ve ağırlığının az olması termostatik kontrole uygunluk açısından bir avantaj sağlar. Su hacminin fazla olması genişleme deposu büyüklüğünü de etkiler. Özellikle kapalı genişleme deposu hesabında sistemdeki su hacmi esas alınır. Sistemdeki su hacminin önemli bir bölümü radyatörlerde bulunur. Dolayısı ile su hacmi büyük olan radyatörlerden oluşan sistemlerde genişleme deposu da daha büyük olmak zorundadır.
- 4) Ömür: Radyatör ömrü kullanılan malzeme cinsine bağlıdır. Korozyona en dayanıklı radyatörler döküm olanlardır. Bunlarda ömür 50 yıl mertebesinde dir. Ömür; panel radyatörlerde 15 ile 20 yıl olup, ideal kullanım koşullarında alüminyumlarda 30 yıl olabilmektedir. Radyatör ömrünü etkileyen en önemli faktör kireçlenmedir. Alüminyum radyatörlerde kireçlenmenin önlenmesi için özel kimyasal katkıli tabletler kullanılarak radyatörlerin ömrü uzatılabilmektedir.
- 5) Estetik: Bu açıdan panel radyatörler ve Alurad radyatörler daha çok tercih edilmektedir.

- 6) Güvenlik: Keskin kenarlı radyatörler çarpma halinde yaralama tehlikesi taşırlar. En tehlikelisi dilimli çelik radyatörlerdir.
- 7) Toz tutma ve temizlenebilme: Bu açıdan düz yüzeyli radyatörler avantaj sağlar. Örneğin; üretimden kalkan düz yüzeyli Hilden tipi döküm radyatörler (Hastane tipi olarak bilinirdi) ve çelik radyatörler avantajlıdır.
- 8) Basınca dayanıklılık: Normal radyatörler 4 bar , özel imalatta ise 6 bar basınca dayanıklıdır.Alüminyum radyatörlerde basınç dayanımı daha fazladır. Alurad radyatörlerin çalışma basıncı ise 10 bar olarak verilmiştir.
- 9) Gerekli ısıtma yüzeyi miktarı: Bir radyatörün kalitesinin en önemli göstergesidir. Bir radyatör aynı ısıyı, aynı şartlarda, ne kadar küçük yüzeyle verebiliyorsa ısıl tasarımı o kadar iyidir anlamına gelir. Radyatörler içinde küçük ısıtma yüzeyi kolonlu ve perkolon döküm radyatörlerin ince tiplerinde görülmektedir. 144/500 kolonlu ve 900/70 perkolon en küçük ısıtma yüzeyi ile aynı ısıyı verebilen radyatörler olarak görülmektedir. Bu radyatörlerde radyasyon oranı da en yüksek değere ulaşmaktadır. Aynı tip radyatörlerde bile kendi içinde ısıtma yüzeyi açısından %20 mertebelerinde farklılıklar ortaya çıkmaktadır.Bunda radyatör inceldikçe radyasyonla yayılan ısıdaki artışlar ve yükseklik azaldıkça konveksiyonla yayılan ısıdaki artışlar ve yükseklik azaldıkça konveksiyonla yayılan ısıdaki iyileşmeler etkili olmaktadır. Alüminyum radyatörlerde ise ısıtma yüzeyi ihtiyacı en fazladır. Aynı ısıl güç için döküm radyatörlere göre bazı tiplerde yaklaşık iki misli yüzey gerekmektedir.
- 10)Fiyat: Radyatörlerin karşılaştırılmasında doğal olarak en önemli faktör maliyettir. Fakat radyatör maliyeti olarak ticari hayatta olduğu gibi m² (veya panel radyatörlerde m) fiyatını kullanmak yanıltıcıdır. Bir radyatörün gerçek fiyatı kalori maliyeti denilen, söz konusu radyatörün birim ısı gücü fiyatıdır. (Anonim 2007)

3.7.2.4 Radyatör seçimi için öneriler

- 1) Yüksek tavanlı yapılarda, merdiven boşluklarında, dublex yapılardaki dikey bağlantı boşluklarında ışıyım (radyasyon) oranı fazla olan ve yüksek radyatörler kullanılmalıdır. Bu gibi yerlerde radyatör tarafından konveksiyonla yayılan ısı üst kısımlarda toplanır ve alt katlar göreceli olarak soğuk kalır. Halbuki alt katlarda yerleştirilen radyatörlerdeki radyasyonla ısı yayılım oranı yüksek olursa bu farklılık büyük ölçüde kompanze edilir. Düz yüzeyli ve ince radyatörlerde radyasyon oranı yüksektir. Bu açıdan derinliği az (ince) ve yüksekliği fazla ridem tipi döküm radyatörler ve panel radyatörler en avantajlı tiplerdir. Alüminyum radyatörler ise tam tersine konvektör gibi çalışırlar ve radyasyon oranları en düşük tiplerdir.
- 2) Radyatörler genellikle pencere altlarına yerleştirilir özellikle iyi yalıtılmış yapılarda ısı kaybı daha az olduğundan büyük ısı gücü olan ve derinliği fazla olan radyatör tipleri seçildiğinde dilim sayısı az olacaktır. Hem görünüş açısından, hem radyasyon oranının düşüklüğü açısından dezavantajlı bir durum ortaya çıkar. Bu gibi durumlarda örneğin panel radyatör kullanılıyorsa PKKP tipleri tercih edilmelidir. Dilimli döküm ve çelik radyatörler kullanılıyorsa en ince tipler tercih edilmelidir. Seçilen radyatör pencere altına yayılmalıdır.
- 3) Niş içerisine yerleştirilecek radyatörlerin yüksekliği, parapet yüksekliğinden en az 15 cm olmalıdır. Radyatör yerden yaklaşık 7 cm kaldırılır. Böylece radyatör üstü ile parapet arasında en az 8 cm mertebesinde bir boşluk kalması sağlanmış olur.
- 4) İşyerleri, okul, hastane gibi yerlerde toz tutmayan ve kolay temizlenen tip radyatörler seçilmelidir.
- 5) Pencere altına niş bırakılmamış yapılarda derinliği az olan(ince) tipteki radyatörler seçilmelidir. Radyatörün genişliğinin fazla olması, kayıp alan oluşturur.
- 6) Pencere altları bulunmayan veya radyatör yerleştirmeye uygun olmayan yerlerde, duvar önüne yerleştirilecek radyatörler, yüksekliği fazla olan tiplerden seçilmelidir.

- 7) Yüksek yapılarda, hiç olmazsa statik basıncın fazla olduğu alt katlarda basınca dayanıklı tip radyatörler kullanılmalıdır.
- 8) Sistemde elektro kimyasal çift oluşumu, kombi cihaz kullanılan sistemlerde çelik radyatör kullanımında ortaya çıkabilmektedir. Böyle bir durumda ya radyatörlerin ya da kombi cihazının değiştirilmesi tavsiye edilir.(Galvanik korozyon)
- 9) Farklı su geçiş direncine sahip radyatörler aynı devrede birlikte kullanılmamalıdır. Bu gibi hallerde su dolaşımında aksamalar ortaya çıkar. Örneğin; Alurad radyatörlerde, döküm veya çelik radyatörler aynı devrede olmamalıdır. Veya konvektör fan-coil ısıtıcılarla radyatörler aynı devreden beslenmemeli, aksi halde direnç dengelenmesine dikkat edilmelidir. Doğru çözüm ayrı zon ve zon pompaları kullanılmasıdır.
- 10)Radyatörler gruplanırken 30 dilimden fazlasının bir arada gruplanması pratik değildir.Yanlış bir alışkanlık uzun radyatörlere ters bağlantı yapmaktır. Radyatör 50 dilimli de olsa kapasite değişmeyeceği için ters bağlantıya gerek yoktur. (Anonim 2007)

3.7.2.5 Radyatörlerin Yerleştirilmesi

- 1) Isı kaybeden yüzlerde toplam ısı kaybı 450 W/m^2 değerini aşıyorsa bu yüzey mutlaka atlan ısıtılmalıdır. Bu açıdan en kritik olan yüzeyler pencerelerdir.örneğin;İstanbul için 1,5 m yüksekliğini aşan tek camlı pencerelerde bu kontrol yapılmalıdır. Böylece pencerelerin altına mutlaka radyatör yerleştirilmelidir. Zaten teknik ve mimari açıdan radyatörlerin yerleştirilebileceği en uygun yerler pencere altındaki duvar önleridir.Pencere altında mevcut olan duvar yüksekliğine(parapet yüksekliği) uygun bir radyatör seçilir.Radyatör derinliğine bağlı olarak radyatörün altında 5-12 cm, üstünde ise 3-10 cm boşluk bırakılmalıdır.(max.değerlerinin kullanılması önerilir) şekilde 48 standart radyatörün yerleşimi görülmektedir.
- 2) Büyük salonlarda birden fazla pencere varsa, radyatörler her pencere altına dağıtılmalıdır. Mimari nedenlerle pencereler döşemeye kadar

iniyorsa, radyatörler kısa tiplerden seçilir ve pencere ile aralarında mümkün olduğunca büyük bir açıklık bırakılır.

- 3) Eğer pencere altına ve dış duvar önüne radyatör yerleştirmek teknik açıdan mümkün olamıyorsa bu durumda radyatör içi duvara yerleştirilir. Radyatör yerleştirilecek duvar, ısı kaybı en yüksek olan dış duvara paralel olan duvardır. İç duvar önüne yerleştirilecek radyatörler uzun ve ince tiplerden seçilerek radyasyon etkisinden mümkün mertebede yararlanır.
- 4) Banyo ve mutfak gibi hacimlerde bazen zorunlu olarak radyatörü yükseğe asmak gerekir. Bu gibi hallerde konveksiyon akımları, zayıfladığından radyatör ısı gücünün hesaplanandan %10 daha fazla seçilmesi öğütlenir.
- 5) Standartlara göre klasik döküm radyatörler döşemeden en az 70mm. Yukarı ve duvardan en az 40mm açığa olmak üzere yerleştirilir. Ancak pratikte döküm radyatörleri ve dilimli çelik radyatörleri duvara 10mm. Kadar yaklaştırmak olasıdır. Panel radyatörler ile Alurad radyatörler ise özel konsol ve kasaları ile duvardan yaklaşık 50mm.açığa monte edilirler. Radyatörlerin kapladıkları yer düşünülürken radyatör derinliği ve duvardan açıklığının toplamı düşünülmelidir.
- 6) Dış duvar önüne yerleştirilen radyatörlerin arkasındaki duvar yönetmelik uyarınca en az 3cm.cam yönü veya eşdeğeri malzeme ile izole edilmelidir. İzole edilen bölge radyatör projeksiyon alanını her taraftan en az 15cm taşmalıdır. Böylece %3 mertebesinde bir tasarruf sağlamak olasıdır.
- 7) Radyatörlerin üzerine raf konulması veya önün pano ile kapatılması gibi durumlarda ısı verimleri düşer. Bu gibi uygulamalar konveksiyon akımlarını bozar ve ışıını engeller. Uygulamanın durumuna göre ısı, güçteki düşüş %3-7 mertebesinde dir. Bazı aşırı durumlarda bu düşüşler %15 mertebelerine ulaşabilmektedir. (Anonim 2007)

3.7.2.6 Radyatörlerin Bağlanması

Radyatörler alttan duvar gömülü konsollar üzerine oturur ve üstten de kelepçelerle tespit edilir. 15 dilime kadar 2 konsol 1 kelepçe, 25 dilime kadar 3 konsol 1 kelepçe ve 45 dilime kadar 4 konsol 2 kelepçe kullanılmalıdır. Radyatör grubuna tek kelepçe kullanılacaksa giriş borusunun aksi köşesinde olmalıdır. Yeterli parapet yüksekliği varsa radyatör konsolları üst kolektöre konulabilir. Panel radyatörler ve ALURAD radyatörler özel konsollara bağlanır. Radyatörlerin tesisata bağlanması kural olarak aynı taraftır. Su girişi üstten, çıkışı ise alttan yapılır. Radyatörlerin su girişine radyatör vanası, çıkışına ise radyatör dönüş vanası monte edilmelidir. Radyatör vanalarının reglaj özelliği vardır. Diğer taraftaki uçlar kör tapa ile kapalıdır. Gerekli olan gruplarda üstteki kör tapaya pürjör takılır. Bağlantı borularına gidişte ısıtıcıya doğru, dönüşte kolona doğru%1 oranında eğim verilmelidir. Bağlantı borusu uzunluğu 250mm den az 1500 mm den fazla olmamalı ve ısıtıcıya yakın bir yerden kelepçelenmelidir. Bağlantının ters taraflı radyatör ısı verimini etkilemez. Genellikle 30 dilimin üzerinde ters taraflı bağlantı önerilirse de 80 dilime kadar bağlantı şeklinin etkisi olmadığı literatürde belirtilmektedir. Ancak alttan giriş yapılacak olursa ısı güç %5-10 düşme meydana gelir.

Radyatörlerin norm ısı güçleri 10 dilimli bir grup için ölçülür ve ifade edilir. Gruptaki dilim sayısı azaldıkça dilim başına verim artar. Bu artış %15 e kadar ulaşabilir. Tam tersine gruptaki dilim sayısı arttıkça dilim başına ısı güç %4 e varan oranlarda azalabilir. (Anonim 2007)

3.8 EŞANJÖRLER

Kayansayan (1983) çalışmasında, ısı eşanjörlerinin farklı sıcaklıktaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki termal enerjinin akışını sağlayan cihazlar olduğunu belirtmiştir. Isı eşanjörleri geniş bir uygulama alanında kullanılır. Bu uygulama alanları; ısıtma sistemleri, termik santralleri, kağıt, tekstil, gıda, otomotiv, güç üretimi, kimya ve besin endüstrisi, elektronik, çevre mühendisliği, israf edilen ısının geri alınması, imalat endüstrisi, klima, buzdolabı gibi soğutma sistemlerini içerir.

Eşanjörlerin sınıflandırılması:

Öncü (1999) çalışmasında bir eşanjörün dizaynı denilince, belirlenen bir konstrüksiyon çerçevesinde sadece akışkanlar arası ısı akışını ve buna bağlı olarak gerekli yüzey miktarını bulmanın söz konusu olmayacağını belirtmiştir. Ayrıca akışkanın eşanjör kanallarında belirli bir hızda hareket edebilmesi için harcanan pompa gücü de hesaplanmalıdır. Yüksek yoğunluklu akışkanların kullanıldığı eşanjörlerde transfer edilen ısı miktarına göre oldukça düşüktür. Yoğunluğu düşük akışkanların kullanıldığı eşanjörlerde transfer edilen ısı enerjisi miktarında enerjiyi akışkanın hareketini sağlamak için harcamak gerekebilir. Bu durum, özellikle mekanik enerjinin onun eşdeğeri ısı enerjisinden çok daha önemli olduğu termik santraller için yapılan uygulamalarda göz önüne alınmalıdır.

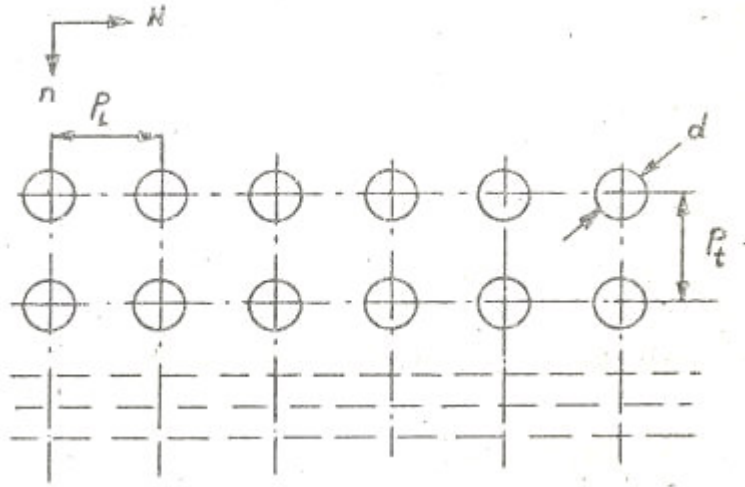
Genel olarak eşanjör yüzeyinin birim alanından birim zamanda geçirilen ısı akışkan hızının yaklaşık birinci kuvveti ile orantılı olduğu halde akışkanın eşanjör kanallarında hareket ettirecek mekanik enerji ihtiyacı hızın ikinci ve üçüncü kuvveti arasında bir değer ile doğru orantılıdır. Akışkanın bu davranışını göz önünde bulundurarak ısı geçişi ile basınç düşümü arasında optimum dizayn parametrelerinin bulunmasına çalışılmalıdır.

Isı geçiş yüzey sıklığına göre; eşanjörler kompakt ve kompakt olmayan eşanjörler olarak iki kısma ayrılır. Kompakt eşanjör denilince eşanjörün kapladığı birim hacimde yüksek ısı geçiş yüzeyinin yer alması anlaşılır. yaklaşık yüzey yoğunluğu $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ değerinden büyük olan eşanjörler kompakt sınıfa girerler. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi aynı ekseninde yerleştirilmiş borulardan oluşan gövde-boru tipi eşanjörlerde ısı geçiş yüzeyi $\pi \times d_L \times N_n$, boru demetinin kapladığı hacim $P_i \times P_i \times L \times (N/2 - 1) \times nd^2$ olduğuna göre N, $n > 1$ için yaklaşık yüzey yoğunluğu $\gamma = \frac{2 \times \pi}{P_i \times P_i \times d}$ 'dir. Görüldüğü gibi yüzey yoğunluğu boru

çapının tersi ile orantılı olduğundan 4 mm borulardan oluşan kompakt sayılabileceği halde, çapı 25 mm olan boruların oluşturduğu eşanjör kompakt değildir. $\gamma < 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Otomobillerde kullanılan su soğutma radyatörleri (5 kanat/cm) $6.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ yüzey yoğunluğunda yapılmaktadır. Kompakt eşanjörlerin en belirgin özellikleri:

- Farklı yüzey yoğunluklu pek çok yüzey oluşturulabilir.
- Dizayn faktörlerine göre soğuk veya sıcak akışkana istenildiği gibi etki edilebilir.
- Maliyetleri düşük, ağırlık ve hacim yönünden küçüktürler. Buna karşılık kullanımlarda bazı sınırlamalar mevcuttur. Akışkanların en az biri gaz olmalıdır. Akışkanların korozyon etkisi olmamalıdır. Çalışma basınç ve sıcaklıkları genellikle düşüktür.



Şekil 28. Isı geçiş yüzeyi sıklığının tanımı (Öncü 1999)

Konstrüksiyon türüne göre gövde-boru ve kanatlı tip olmak üzere ikiye ayrılırlar. Gövde-boru tipi eşanjörler (Şekil 29) genel olarak silindirik bir gövde içine yerleştirilen boru demetinden oluşurlar. Gövde içinde borular üzerine yerleştirilmiş yönlendiriciler(baffle) yardımıyla gövde tarafı akışkan boru tarafı akışkana nazaran çok geçişli çapraz akım halini alır. Petrol rafineri tesislerinde, kuvvet santrallerinde, sıvıdan sıvıya ısı geçişli gaz türbini ile çalışan tesislerde gazdan sıvıya ısı geçişli olanlarına rastlamak mümkündür. Gövde –boru tipi eşanjörler kullanılma amaçlarına göre aşağıdaki şekillerde imal edilir:

a) Sabit aynalı eşanjör (Şekil 29-a): Gövde ve boru tarafı akışkanların birbirlerine herhangi bir sızıntı yapmaksızın akışı sağlanır. Bu tip eşanjörlerin yapımı basit olmasına karşılık akışkanlar arası yüksek sıcaklık farkından doğacak termal gerilmeleri alıcı genişleme halkaları (expansion below) kullanılmadığı takdirde boruların aynaya bağlandığı noktalarda çatlaklar oluşacaktır. Konstrüksiyonu nedeniyle boru dış yüzeyleri mekanik yöntemlerle

(tel, fırça, kesici alet gibi) temizlenmesine olanak yoktur. Temizleme ancak kimyasal yıkayıcılar, çözeltiler yardımıyla olmalıdır. Şekil 29-a' da görüldüğü gibi gövde tarafına yerleştirilen genişleme halkaları 8 bar basınca kadar dayanabilir. Daha yüksek basınçlarda et kalınlığının halkanın şekil değiştirmesine imkan vermeyecek derecede artmasının herhangi bir yararı yoktur.

b) U-tipi Eşanjör(Şekil 29-b): U-boru demeti gövde dışına alınıp, temizleme işlemi yapılabilir. Tek bir yüzeyden gövdeye bağlandığı için bağlama elemanlarının sayısı azaltılmıştır. Fakat boru demetinin ağır olması nedeniyle gövdeden çıkarılıp temizlenmesi güçlükler doğurur.

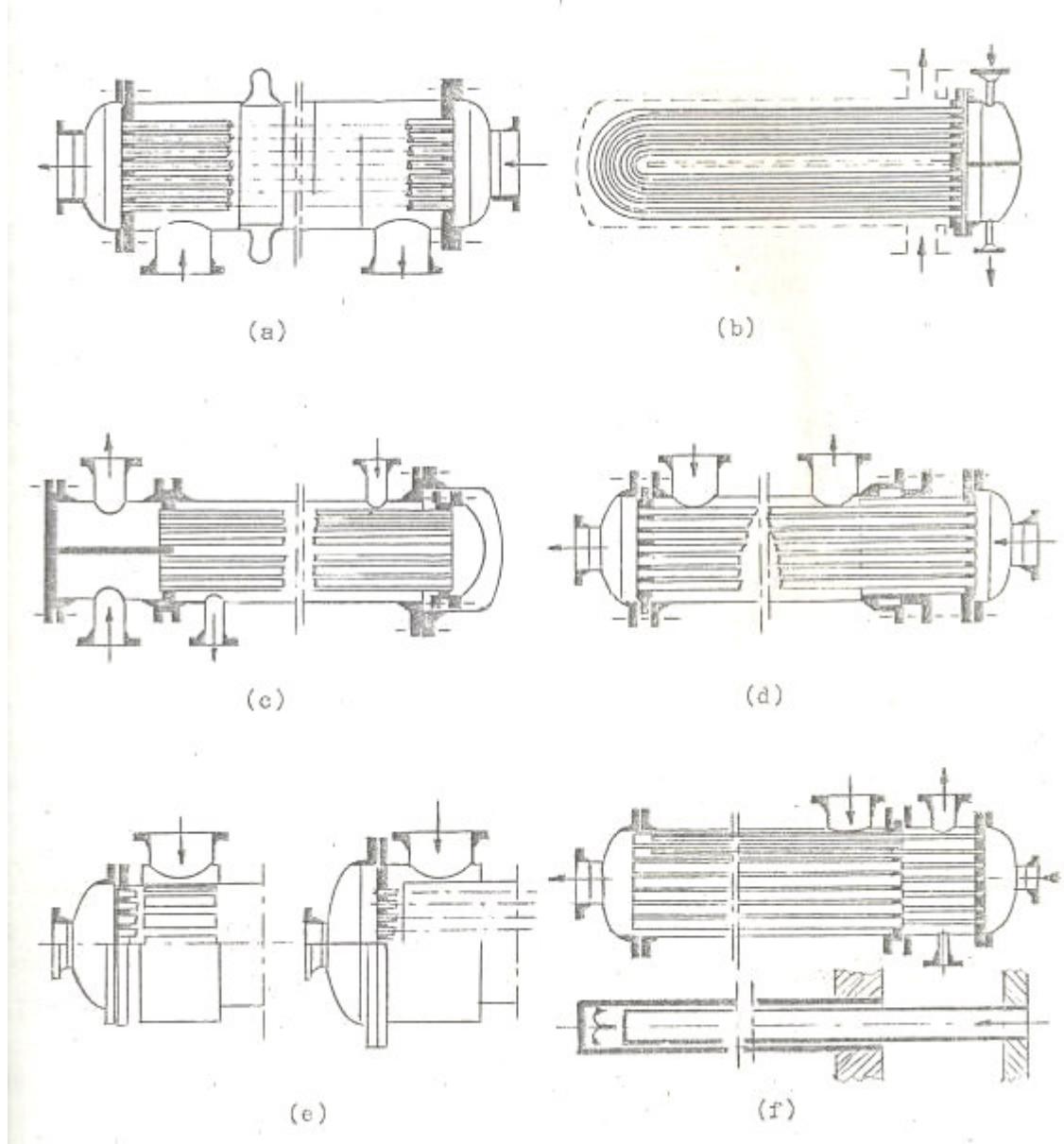
c) Yüzer başlıklı eşanjör (Şekil 29-c): Akışkanlar arası sıcaklık farkından dolayı borularda meydana gelecek uzama ile boru demetinin gövde içinde hareket edebilme serbestliği vardır. Bu tip eşanjörlerde termal gerilmeler büyük ölçüde giderilmiş olur. Ayrıca boru demeti yüzer başlıkla dışarıya alınıp temizlenebilir. Bu tip eşanjörde boru ve gövde tarafı akışkanların birbirine sızmasını önlemek için gövde içine sızdırmazlık contaları yerleştirilmiştir. Contalar zamanla aşınıp akışkanların birbirine karışacağı olasılığı göz önüne alınarak kullanılan akışkanların birbiriyle reaksiyona giren türde olmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca zehirleme etkisi olan akışkanlar bu tip eşanjörlerde kullanılamaz.

d) Boru demeti başlığı dışarıda olan eşanjör (Şekil 29-d): başlığın çıkarılması ile boru demetine her zaman ulaşılabilir. Gövde ve boru demeti arasında sızdırmazlığı sağlayan contalar yerleştirilir. Gövde tarafı akışkanın dışarıya sızma olasılığı nedeniyle bu bölgedeki basınç ancak ancak 45 bara kadar yükseltilebilir. Şayet gövde tarafındaki akışkan insan sağlığına zarar verici, kolay tutuşabilir, korozyon etkisi yüksek olan türde bir akışkan ise bu dizayn uygulanmamalıdır.

e) Kompakt ısı eşanjörleri (Şekil 29-e): Bu tür eşanjörler için kullanılan akışkanlar arası kaçak, dizayna etki eden faktörlerden olmayıp belirli ısı geçiş miktarı için eşanjörün hacimsel küçüklüğü ve üretim kolaylığı önemlidir.

f) Bayonet borulu eşanjör (Şekil 29-f): Boru demeti eş eksenli iç içe yerleştirilmiş borulardan oluşmaktadır. Termal genişlemeye imkan

sağladığından genişleme halkalarının yüksek basınç farkı nedeniyle kullanılmasının mümkün olmadığı hallerde uygulanır. Ayrıca takviye plakaları olmadığından gövde tarafı basınç düşümü oldukça azdır.



Şekil 29. Konstrüksiyon Türüne Göre Gövde Boru Tipi Eşanjörler
(Öncü 1999)

Eşanjörler uygulama yerlerine göre farklı yapıya sahip olup, günlük hayatımızda da kullanılan yapıdadır. Bu yüzden tasarımı yapılırken en ince ayrıntısına kadar teorisine uyulmalı ve ilgili programlar kullanılarak doğruya en yakın analiz sonuçları elde edilmeli ve tasarımların daha iyi olması için

çalışılmalıdır. Eşanjör kullanılan tesislerde suyun kireci mutlaka alınmalıdır. Eşanjörler, ısının bir ortamdan diğerine aktarılmasında kullanılırlar. Çeşitli tipleri vardır :

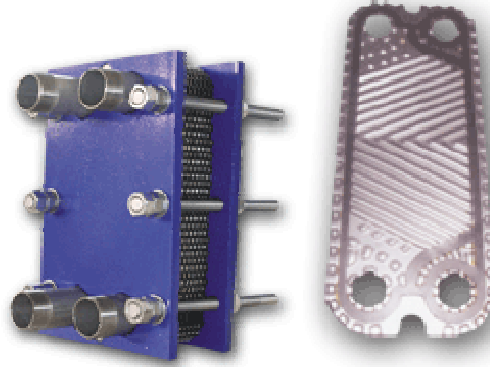
3.8.1 Plaka Tipli Eşanjörler

Plakalı ısı eşanjörleri, iki aynı veya birbirinden farklı özelliklere sahip akışkanlar arasında, hızlı ve yüksek verimli ısı transferi gerçekleştirebilen ekipmanlardır. Özel pres ve kalıplarda üretilen plakaların birbiri ardına dizilmesiyle eşanjör grubu oluşturulur. Plakaların üzerine verilen form sayesinde borulu eşanjörlere göre, daha küçük ısı transfer alanlarında daha yüksek ısı kapasiteleri sağlarlar. Mevcut plakalı eşanjörlerde kapasitelerini plaka ekleyerek arttırabilme imkanı vardır. Eşanjörlerde birbirine karışmadan dolaşan, ancak birbirine ısı transferi yapabilen iki ayrı akışkan devresi mevcuttur:

- Isıtın veya soğutan akışkanın dolaştığı **primer devre**,
- Isıtılan veya soğutulan akışkanın dolaştığı **sekonder devre**,

90 °C veya daha düşük sıcaklıktaki suyun primer devrede kullanıldığı eşanjörler plaka tipli olmalıdır. Özellikleri:

- Az yer kaplar
- Ekonomiktir



Şekil 30. Plaka tipi eşanjörler

3.8.2 Boru Demetli Eşanjörler

Bu eşanjörler üç ana bölümden oluşurlar:

1. Boru demeti : Genellikle bakır veya çelik borular kullanılır.
2. Dış kabuk : Genellikle bakır saçtan üretilirler.

3. Su giriş-çıkış bölmeleri : Bazı tiplerde dış su girişini yönlendiren perdeler vardır.

Kızgın sudan 90/70 °C sıcak su üretiminde genelde boru demetli eşanjörler kullanılır. İkiye ayrılırlar:

3.8.2.1 Düz Borulu - Boru Demetli Eşanjörler

Kızgın su boru içinden, sıcak su ise boru dışından geçer.

3.8.2.2 U Borulu – Boru Demetli Eşanjörler

Boru geçişi düz borulular gibidir. İyi bir ısı geçişi sağlanabilmesi için su akışlarının ters yönlü olması istenir. Daha ucuzdur, fakat temizlenebilme imkanları kısıtlıdır ve boru değişimi zordur.

3.8.3 EŞANJÖR VERİMLİLİĞİ ANALİZİ

Kayansayan (1983) çalışmasında termodinamik ve ısı transferi prensiplerinden hareketle ısı eşanjörleri için aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

Q : Eşanjöre transfer edilen ısı (W)

$Q_{\text{soğ}}$: Sıcak akışkanın soğuması için verilen ısı (W)

Q_{sic} : Soğuk akışkanın ısınması ile alınan ısı (W)

K : Eşanjörün toplam ısı geçiş katsayısı (W/m²K)

A : İki akışkanı ayıran ısı transfer yüzeyi (m²)

ΔT_m : Bütün ısı eşanjöründe etkili ortalama sıcaklık farkı (°C)

$$Q = K \times A \times \Delta T_m \quad [W]$$

Bu eşitlikte eşanjörün bulunduğu ortamla ısı alışverişi yapmadığı, eşanjörün ortama karşı iyi bir şekilde yalıtıldığı varsayılmaktadır. Akışkanların soğuması veya ısınması ile alınan veya verilen ısılar akışkanların kütleli debileri ile giriş ve çıkış entalpileri farkından bulunabilir. Isı transferi sırasında akışkan sıcaklığı değişiyor ise transfer edilen ısı;

$$Q = m \times c_p \times (T_g - T_c) = c^* (T_g - T_c)$$

Buharlaştırma veya yoğuşma şeklinde bir faz değişimi varsa transfer edilen ısı;

$$Q = m \times h_{fg}$$

m : Kütlesel debi	(kg/s)
c_p : Sabit basınçta özgül ısı	(j/kgK)
T_g : Akışkan giriş sıcaklığı	(°C)
$T_ç$: Akışkan çıkış sıcaklığı	(°C)
C : Isıl kapasite debisi	(W/°K)
h_{fg} : Gizli buharlaşma ısı	(j/kg)

3.8.3.1 Toplam Isı Geçiş Katsayısı ve Kirlilik Faktörü

Isı eşanjörlerinin yüzeyleri genellikle yekpare malzemeden imal edilir. Bazı özel uygulamalarda korozyona mani olmak için bu yüzeyler üzerine asil bir metal veya alüminyum kaplanabilir. Ayrıca belirli bir çalışma periyodundan sonra eşanjör yüzeyleri üzerine akışkan içindeki tortu, tuz ve kimyasal maddeler birikebilir. Bazen de akışkanın korozif etkisi nedeniyle yüzey üzerinde bir oksidasyon tabakası oluşabilir. Bütün bu tabakalar ısı transferinde ilave bir direnç meydana getirirler. R_f simgesi ile gösterilen kirlilik direnci (veya faktörü) yüzeyin kirli ve temiz olması hallerindeki ısı dirençler farkından bulunabilir.

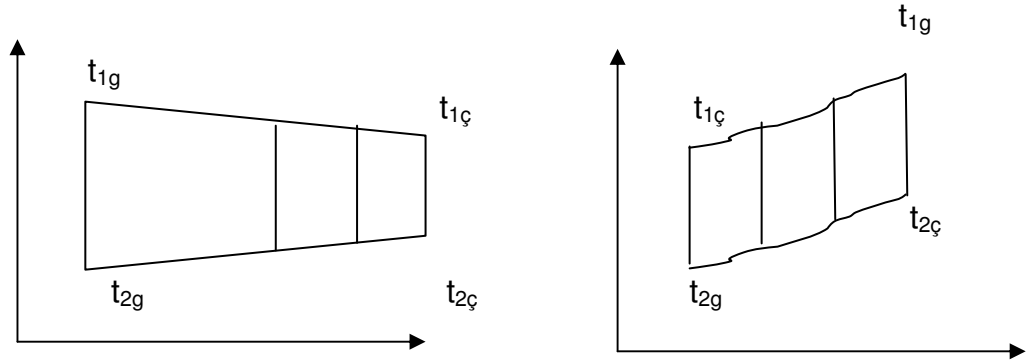
$$R_f = \frac{1}{K_{kirli}} - \frac{1}{K_{temiz}}$$

Burada K_{kirli} belirli çalışma periyodundan sonraki K_{temiz} ise yeni eşanjör yüzeyindeki ısı geçiş katsayılarını göstermektedir. Eşanjör dizaynında toplam ısı geçiş katsayısı hesaplanırken bu faktör göz önüne alınmalıdır. (Öncü 1999)

3.8.3.2 Ortalama Logaritmik Sıcaklık Farkı

Eşanjörlerde ısı hesaplarının yapılabilmesi için ΔT_m ifadesinin tayini gerekir. Çeşitli düzenlemelerde eşanjör içindeki akışkanların sıcaklıkları eşanjör boyunca değişir. Her kesitte sıcaklık farkının değişken olması akışkanların eşanjöre giriş ve çıkış sıcaklıkları cinsinden ifade edilebilen ortalama sıcaklık farkının tanımına ihtiyaç duyulur. (Öncü 1999)

İçiçe İki Borulu Isı Eşanjöründe



Şekil 31. İçiçe iki borulu ısı eşanjöründe tipik sıcaklık dağılımları
(Öncü 1999)

Bu ifadeyi çıkarabilmek için yukarıdaki şekilde gösterilen sıcaklık dağılımlarını göz önüne alalım.

1. Eşanjör boyunca K toplam ısı geçiş katsayısının sabit olduğu,
2. Eşanjörün dışarıya karşı yalıtılmış olduğu ısının sadece iki akışkan arasında transfer olduğu,
3. Akışkanların özgül ısılarının sabit olduğu,
4. Eşanjör içinde belirli bir kesitte akışkan sıcaklıklarının sabit olduğu varsayılmaktadır.

Burada dA kesitinde transfer edilen ısı;

$$dQ = K \times (T_1 - T_2) \times dA$$

soğuk ve sıcak akışkanların ısıması ve soğuması;

$$dQ = c_2 \times dT_2 = \pm c_1 \times dT_1$$

şeklinde ifade edilebilir. (+) işareti ters akımlı, (-) işareti paralel akımlı eşanjörleri belirtir. Bu denklemler düzenlenirse;

$$Q = K \times A \times \frac{(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\ln(\Delta T_1 - \Delta T_2)}$$

ifadesi elde edilir. Bu denklemde;

$$\Delta T_m = \frac{(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\ln(\Delta T_1 - \Delta T_2)}$$

ortalama logaritmik sıcaklık farkı adını alır. Ters ve paralel akımlı ısı eşanjörlerinde bu ifade aynı formda yazılabilmektedir. Ters akımlı ısı eşanjörü daha büyük ΔT_m verir.

Ortalama logaritmik sıcaklık farkı iki borulu ısı eşanjörlerinde teorik olarak kolayca çıkarılabilmemesine rağmen daha karmaşık eşanjörlerde teorik ifadenin bulunuşu oldukça zordur. Genellikle bu tip ısı eşanjörlerinde transfer edilen ısı;

$$Q = K \times A \times F \times \Delta T_m$$

şeklinde ifade edilir. Burada ΔT_m incelenen ısı eşanjörüne ters akımlı çift borulu eşanjör gibi varsaydığımızda bulunan ortalama sıcaklık farkıdır. F ise 1'den küçük bir düzeltme çarpanıdır. Bu çarpan literatürde ya karmaşık matematiksel bağıntılar ile ya da çoğunlukla diyagramlar halinde verilir.

3.8.3.3 Etkenlik-Transfer Birimi Sayısı

Kayansayan (1983) çalışmasında eşanjörlerin ısı hesaplarında akışkanların giriş ve çıkış sıcaklıkları biliniyorsa ΔT_m ortalama logaritmik sıcaklık farkı yöntemi çok kolaylık sağlanabileceğini belirtmiştir. ΔT_m , Q , K yardımı ile eşanjörün gerekli yüzey alanı A_s kolayca hesaplanabilir. ($Q = K \times A \times \Delta T_m$) Fakat pratikte karşılaşılan bazı problemlerde akışkanların çıkış sıcaklıkları belli olmayabilir ve kolayca hesaplanamayabilir. Böyle problemlerde ΔT_m içindeki logaritma nedeniyle çözüm ancak deneme yanılma yöntemi ile bulunur. Bu durumlarda aşağı açıklanacak olan "Etkenlik Transfer Birimi Sayısı" yönteminin kullanılması problemin daha kolay sonuçlanmasını sağlar. Ayrıca bu yöntem çeşitli ısı eşanjörlerinin birbiri ile kolayca karşılaştırılmasını sağlar ve bunlar içinde en uygun olanı seçmeye imkan verir.

$$\text{Isı eşanjörünün etkenliği} = \frac{\text{Gerçek ısı transferi}}{\text{Mümkün olabilen maksimum ısı transferi}}$$

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{\max}} \quad \text{şeklinde tanımlanır.}$$

Gerçek ısı transferi, sıcak akışkanın verdiği veya soğuk akışkanın aldığı ısıdan hesaplanabilir: $Q = c_1 \times (T_{1g} - T_{1ç}) = c_2 \times (T_{2ç} - T_{2g})$

Mümkün olabilen maksimum ısı transferi $c_1 = m_1 \times c_{p1}$ veya $c_2 = m_2 \times c_{p2}$ değerlerinden hangisi küçük ise bu değerle sıcak akışkanın girişi ile soğuk akışkanın girişi arasındaki sıcaklık farkının çarpımından bulunur:

$$Q_{\max} = c_{\min} \times (T_{1g} - T_{2g})$$

Bu tanımlara göre ısı eşanjörünün etkenliği;

$$\varepsilon = \frac{c_1 \times (T_{1g} - T_{1f})}{c_{\min} \times (T_{1g} - T_{2g})} = \frac{c_2 \times (T_{2f} - T_{2g})}{c_{\min} \times (T_{1g} - T_{2g})}$$

$$\varepsilon = \frac{c_1 \times (T_{1g} - T_{1f})}{c_{\min} \times (T_{1g} - T_{2g})} = \frac{c_2 \times (T_{2f} - T_{2g})}{c_{\min} \times (T_{1g} - T_{2g})}$$

$$c_1 < c_2 \text{ ise } c_1 = c_{\min} \quad \varepsilon = \frac{(T_{1g} - T_{1f})}{(T_{1g} - T_{2g})} = \frac{c_2 \times (T_{2f} - T_{2g})}{c_1 \times (T_{1g} - T_{2g})}$$

$$c_1 > c_2 \text{ ise } c_2 = c_{\min} \quad \varepsilon = \frac{(T_{2f} - T_{2g})}{(T_{1g} - T_{2g})} = \frac{c_1 \times (T_{1g} - T_{1f})}{c_2 \times (T_{1g} - T_{2g})}$$

eşitlikleri yazılabilir.

Burada iç içe iki borulu ısı eşanjörlerinde ε ifadesini k , A , C_1 , C_2 cinsinden bulmaya çalışalım. $c_1 < c_2$ olduğunu varsayalım, bu durumda $c_1 = c_{\min}$ ve $c_2 = c_{\max}$ olacaktır. Burada $\Delta T_2 / \Delta T_1 = \exp(-N(1-c))$ şeklinde yazılabilir. Burada $N = k \times A / c_{\min}$ boyutsuz büyüklüğü "Transfer birimi sayısı" olarak tanımlanır.

$c = c_{\min} / c_{\max}$ (+) işareti ters akımlı, (-) işaret ise paralel akımlı ısı eşanjörlerini göstermektedir. Yukarıda belirtilen ifadeler göz önüne alınarak yapılan matematiksel işlemler sonucunda;

Ters akımlı düzenleme halinde:

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp(-N \times (1 - c))}{1 - c \times \exp(-N \times (1 - c))}$$

Paralel akımlı düzenleme halinde

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp(-N \times (1 + c))}{1 + c}$$

eşitliklerine ulaşılabilir. İstenirse aynı sonuçlar $c_1 > c_2$, $c_1 = c_{\max}$ ve $c_2 = c_{\min}$ olduğu durumda $c = c_{\min} / c_{\max} = c_2 / c_1$, $N = k \times A / c_{\min} = k \times A \times c_2$ halleri için de elde edilebilir. Kullanım kolaylığı nedeniyle bu değerler diyagram şeklinde de

verilebilir. İç içe iki borulu ısı eşanjöründen daha karmaşık ısı eşanjörlerinde de etkenlik katsayısı transfer birimi cinsinden ifade edilebilir. (Kayansayan 1983)

Örnek: İç içe iki borudan yapılmış bir ısı eşanjöründe 0,1 kg/s debisindeki su 20°C sıcaklıktan 60°C sıcaklığa kadar ısıtılmak isteniyor. Sıcak akışkan eşanjöre 100°C sıcaklıkta girip, 70°C sıcaklıkta çıkan yağdır. Suyun özgül ısısı 4,18 kJ/kgK, yağın özgül ısısı 2kJ/kgK ve toplam ısı geçiş katsayısı 350 W/m²K olduğuna göre;

- Yağ debisini
- Paralel akımlı düzenleme halinde
- Ters akımlı düzenleme halinde

ΔT_m ve A gerekli ısı eşanjör yüzeyi bulunacaktır.

Cözüm:

a) Eşanjöre transfer edilen ısı;

$$Q = m_2 \times c_{p2} (t_{2g} - t_{2s}) = 0.1 \times 4180 (60 - 20) = 16720W$$

$$m_1 = 16720 / 2000 \times (100 - 70) = 0.279kg / s$$

b)

$$\Delta T_1 = T_{1g} - T_{2g} = 100 - 20 = 80^\circ C$$

$$\Delta T_2 = T_{1s} - T_{2s} = 70 - 60 = 10^\circ C$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 - \Delta T_2)} = \frac{(80 - 10)}{\ln(80 - 10)} = 33.66^\circ C$$

ve buradan $A_1 = Q / K \times \Delta T_m = 16720 / 350 \times 33.66 = 1.42m^2$

c)

$$\Delta T_1 = T_{1s} - T_{2g} = 70 - 20 = 50^\circ C$$

$$\Delta T_2 = T_{1g} - T_{2s} = 100 - 60 = 40^\circ C$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 - \Delta T_2)} = \frac{(60 - 40)}{\ln(60 - 40)} = 49.33^\circ C$$

$$A = 16720 / 350 \times 49.33 = 0.97m^2 < A_1$$

3.9 DENEY DÜZENEĞİ, ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ VE ÖLÇÜM CİHAZLARI

3.9.1 PANEL RADYATÖR TESTLERİ DENEY DÜZENEĞİ, ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ VE ÖLÇÜM CİHAZLARI

“TS EN 442-2/Mart 1998 Panel Radyatörler” standardı gereği panel radyatör ısı güçleri test edilirken 30-50-60°C aşırı sıcaklık değerlerinde test edilmiştir. Bu testler sonucu elde edilen değerler; Isıl güç - Aşırı sıcaklık diyagramı üzerinde regrasyon yapılarak ilgili panel radyatörün ısı güç değerine ulaşılmıştır. Değişik kapak tipleri ve farklı uzunlukta konvektörler kullanılarak optimum Isıl Verim / Maliyet değerlerine ulaşılmıştır. Aşağıda yer alan tarifler deney tesisatını daha yakından tanıyabilmek için standart gereği yapılan tanımlamalardır.

Isıtma Cihazı; bina iç bölümlerinde özel sıcaklık şartlarını sağlamak için ısı transferi amacıyla kullanılan cihazlardır.

Radyatör; doğal taşınım(konveksiyon) ve ışınım(radyasyon) yoluyla ısı yayan bir ısıtma cihazıdır. Radyatörler değişik malzemelerden(örneğin; çelik, alüminyum, dökme demir, v.b.) ve değişken tasarımlarla (örneğin plaka tipi, kolonlu, boru tipi, v.b.) imal edilebilir.

Dilimli ısıtma cihazı; belirli tasarımlarla dilimler halinde imal edilen ve bu şekilde piyasaya arz edilen, arzu edilen ısı gücünün elde edilebilmesi için modüler gruplar halinde birleştirilebilen ısıtma cihazlarıdır.

Doğal taşınımlı ısıtma cihazı; ısı yayan yüzeyler üzerinde hava akışının hareketlendirilmesi için bir vantilatör veya benzer bir donanım ihtiva etmeyen ısıtma cihazlarıdır.

Zorlanmış taşınımlı ısıtma cihazı; ısı neşreden yüzeyler üzerindeki hava hareketinin bir vantilatör veya benzeri bir donanımla gerçekleştirildiği ısıtıcılarıdır.

Konvektör; ısıyı tamamen doğal taşınımla yayan ısıtma cihazlarıdır. Bir konvektör en azından bir ısı yayıcı ve baca çekiş görevi yapan belirli bir yükseklikteki mahfazadan meydana gelir.

Fan takviyeli radyatör veya konvektör; taşınım ısı yayılımının artırılması için bir vantilatörle donatılan birisi vantilatör çalışmazken diğeri ise vantilatör çalışırken, iki ısıl güçle karakterize edilen radyatör veya konvektördür.

Isıtılmayan taşınım bacasının yüksekliği; konvektörün en alt kenarı ile hava çıkış bölümünün alt kısmı arasındaki düşey mesafedir. Bu yükseklik sadece konvektörlere uygulanır ve konvektörün ısıl gücünü etkileyen temel faktördür.

Islak ısıtma yüzeyi; daima birincil akışkan (su veya buhar) ile temasta olan ısı yayan yüzey bölümüdür.

Kuru ısıtma yüzeyi; sadece hava ile temasta olan (örneğin su dolaşan kısmın ısıtma yüzeylerinde çıkıntılılandırılmış kanatlar) ısı yayan yüzey bölümüdür.

Isıtma cihazları ailesi; tasarım ve imalat metodu ile belirli bir malzemeden yapılan tasarım ve imalatı, malzemesi birincil akışkan bağlantıları ve özellikle ısıtma cihazının içindeki primer akışkanın akış şartlarını etkileyen diğer değişkenlerin benzer olduğu ısıtma cihazları grubudur.

Isıtma cihazları tipi; yüksekliği ve uzunluğu değişen veya su dolaşmayan kısmın ısıtma yüzeylerinin su tarafını etkilemediği (örneğin panel radyatörlerde konvektör kanatlarının yüksekliği) sadece bir karakteristik boyutun sistematik değişime sahip olduğu en kesiti değişmeyen aynı tasarımlı en az üç ısıtma cihazı grubudur.

Model; bir tip içinde yüksekliği, uzunluğu ve derinliği tanımlanan ısıtma cihazıdır.

Isıtma cihazı modülü; bir ısıtma cihazının kullanılabilir(faydalı) bölümünün referans uzunluğudur. Dilimli ısıtma cihazları için modül bir dilimden meydana gelir. Dilimli olmayan ısıtma cihazlarında 1 m'lik bir uzunluk bir modül kabul edilir. Konvektörlerde, ısı yayan bölümün 1 m'lik uzunluğu bir modül olarak kabul edilir. Herhangi bir modelin ısıl gücü, modülün ısıl gücü ile dilim sayısının veya ısıtma cihazının uzunluğunun(m) çarpılmasıyla bulunur.

Numune; ısıl gücü belirlenecek olan veya belirlenmiş bir ısıtma cihazıdır. İmalat resimlerinde açıklanan numunenin boyutları bu standartta belirtilen boyut toleranslarından daha fazla sapma göstermemelidir.

Giriş suyu sıcaklığı; ısıtma cihazına giren suyun sıcaklığıdır.

Çıkış suyu sıcaklığı; ısıtma cihazından çıkan suyun sıcaklığıdır.

Sıcaklık düşüşü; giriş ve çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki farktır.

Ortalama su sıcaklığı; giriş ve çıkış suyu sıcaklıklarının aritmetik ortalamasıdır.

Referans hava sıcaklığı; deney odasının merkezinin düşey hattında, döşemeden 0.75 m yükseklikte ölçülen hava sıcaklığıdır.

Aşırı sıcaklık; ortalama su sıcaklığı ile referans hava sıcaklığı arasındaki farktır.

Standart aşırı sıcaklık; standart şartlarda (su giriş sıcaklığı 75°C, su çıkış sıcaklığı 65°C ve referans hava sıcaklığı 20°C'de) belirlenen 50K'lik aşırı sıcaklıktır.

Hava basıncı; deney odasında ölçülen basınçtır.

Standart hava basıncı; 101,325 kPa (1,01325 bar) olarak tanımlanan basınçtır.

Su debisi; ısıtma cihazından birim zamanda geçen su miktarıdır.

Standart su debisi; standart deney şartlarına ait su debisidir.

Standart ısı gücü; ısıtma cihazının 20°C'lik standart referans hava sıcaklığı, standart hava basıncı 75°C'lik su giriş ve 65°C'lik su çıkış sıcaklığı için tanımlanan ısı gücüdür.

Karakteristik eşitlik; ısı gücü, sabit su debisinde aşırı sıcaklığın fonksiyonu olarak veren eşitliktir. Karakteristik eşitlik özel bir karakteristik üslü bir güç fonksiyonudur.

Standart karakteristik eşitlik; 50K'lik standart aşırı sıcaklık için standart ısı gücünden bulunan ve standart su debisi için geçerli olan karakteristik eşitliktir.

Regrasyon eşitliği; standart ısı güçleri ve karakteristik bir boyutun fonksiyonu olarak bir tipin modelleri için karakteristik üs'ü veren eşitliktir. İçindeki karakteristik üssün karakteristik boyutun doğrusal bir fonksiyonu olduğu ısı güçlerinin belirlenmesinde kullanılan regrasyon eşitliği bir güç fonksiyonudur.

Modülün standart ısı gücü; bir modelin dilim sayısına veya uzunluğuna bölünen standart ısı gücüdür.

Deney basıncı; imalat işlemleri sırasında(örneğin imalat yerindeki deneylerde) ısıtma cihazının tabii tutulduğu basınçtır.

Maksimum işletme basıncı; imalatçı tarafından beyan edilen, ısıtma cihazının maruz kalabileceği maksimum sistem basıncıdır.

Maksimum işletme sıcaklığı; imalatçı tarafından izin verilen maksimum giriş suyu sıcaklığıdır.

Deney tesisi; deney odası ve diğer ilgili kısımlardan ayrıca ölçme cihazları ve ilgili donanımdan meydana gelen bileşimdir.

Deney sistemi; deney tesisi ve numune radyatörlerden meydana gelen bileşimdir.

Deney sistemleri devresi; bu standardın metotlarına özelliklerine ve deney sonuçlarının periyodik karşılaştırılmasına uygun deney sistemleri grubudur.

Deney tesisinin duyarlılığı; TS EN 442-2/Mart 1998 standardı Madde 6.2.4 'de belirtilen tolerans sınırları içerisinde verilen bir numune radyatör üzerinde deney sonuçları elde etme kabiliyetidir.

Basınç düşmesi; ısıtma cihazının su giriş ve su çıkış ağızları arasındaki basınç farkıdır.

Standart basınç düşmesi; cihaz standart su debisinde beslendiğinde birincil akışkan tarafında cihazın ısı yayan bileşeninin girişleri ve çıkışları arasındaki basınç farkıdır.

Büyüklikler, semboller ve ölçme birimleri

Büyükliğin tanımı	Sembol	Birim
Isıl güç	φ	W
Numune radyatör için referans değer	φ_o	W
Numune radyatörün primer ayarının referans değeri	φ_m	W
Sıcaklık	T	°C
Giriş suyu sıcaklığı	T_1	°C
Çıkış suyu sıcaklığı	T_2	°C
Sıcaklık düşmesi	$T_1 - T_2$	K
Ortalama su sıcaklığı	T_m	°C
Referans oda havası sıcaklığı	T_r	°C
Aşırı sıcaklık	ΔT	K
Özgül ısı kapasitesi	C_p	J/kgK
Özgül entalpi	H	J/kg
Giriş suyu entalpisi	H_1	J/kg
Çıkış suyu entalpisi	H_2	J/kg
Su debisi	Q_m	kg/s
Standart su debisi	q_{ms}	kg/s
Basınç	P	kpa
Maksimum işletme basıncı	P_{max}	kpa
Basınç düşmesi	ΔP	kpa
Isıtma cihazının toplam yüksekliği	H	m
Isıtma cihazının toplam boyu	L	m
Bir dilimin uzunluğu	L_s	m
Dilim sayısı	N_s	-
Isıl direnç	R	m^2K/W
Zaman aralığı	t	s

Deney Odası Boyutları ve Özellikleri

Deney Odası aşağıdaki boyutlara sahiptir:

Uzunluk : (4 ± 0,02 m)

Genişlik : (4 ± 0,02 m)

Yükseklik : (3 ± 0,02 m)

Deney odası su soğutmalı sandviç panellerden inşa edilmiştir. Deney odasının iç yüzeyleri pürüzsüz, düz çelik sactan yapılmıştır. Su soğutmalı çelik paneller aşağıda özellikleri belirtilen iki sacın birlikte kaynatılmasıyla yapılmıştır.

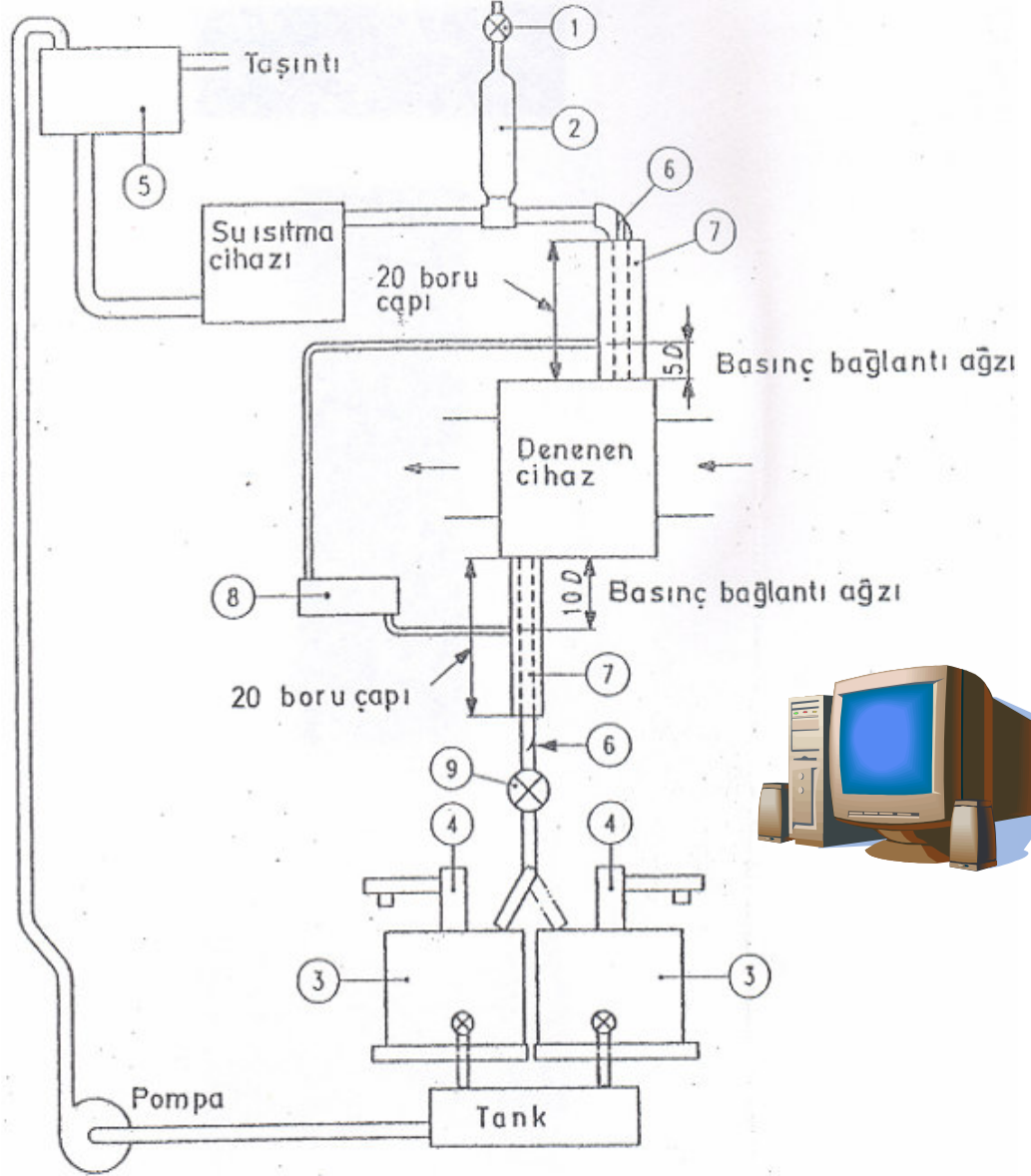
- 2 mm et kalınlığına sahip bir levha
- Diğer 1 mm et kalınlığında su geçiş kanalı oluşturmak için ondüle şeklinde, en kesit alanı yaklaşık 150 mm².

Yalıtım köpük katmanlarının kalınlığı 80 mm'dir. Her bir duvarın, döşemenin ve tavanın minimum toplam ısı direnci $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ 'dır. Ancak deneyi yapılan cihazın arkasındaki duvar aynı sandviç panelden yapılmasına rağmen soğutma sisteminden bağlantısı sökülmüştür. Deney odasının iç yüzeyleri ışın yayıcılığı en az 0,9 olan mat boya ile kaplıdır. Paneller, deney odası kendi kendini destekleyecek şekilde ısı köprüleri olmaksızın birleştirilmiştir. Deney odasının dış tarafı ile su ve elektrik bağlantılarını sağlayan delikler hava sızdırmazlık cihazları ile sağlanır.

Su soğutma sistemi, denenecek cihazın kabul edilebilir en yüksek ısı gücünde soğutulan bütün yüzeylerin ortalama sıcaklık farkı ile karşılaştırılan deney odasının soğutulmuş iç yüzeyleri üzerinde meydana gelen sıcaklık farkı $\pm 0,5 \text{ K}$ 'den büyük olmayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yüzden her panelin iç yüzeyleri 80 kg/hm^2 bir debi ile beslenmektedir. Deneyler sırasında soğutulan iç yüzeylerin ortalama sıcaklığı, kararlı hal şartlarına uyacak ve referans hava sıcaklığı ($20 \pm 0,5$) $^{\circ}\text{C}$ olacak şekilde ayarlanmıştır. Yüzey ortalama sıcaklığı, ilgili yüzeyin giriş ve çıkış suyu sıcaklıklarının ortalamasıdır. Yüzey sıcaklıkları (ısıtma cihazının arkasındaki duvar hariç) $\pm 0,3 \text{ K}$ sınırları içinde kalmalıdır. Referans hava sıcaklığı için döşemeden 0,75 m yukarıda ölçüm yapılır.

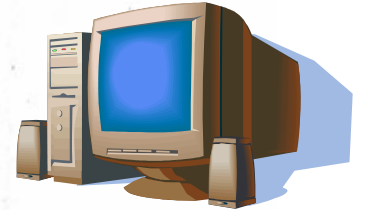
Su sıcaklıkları, deneye tabi tutulan ısıtma cihazının su bağlantı noktalarından termocouple'lar yardımıyla bilgisayara aktararak ölçülür. Hava basıncındaki ölçme doğruluğu $\pm 0,2 \text{ kPa}$ (2 mbar) 'dır. Ölçme cihazlarının kalibrasyonu TSE standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Deneyi yapılan panel radyatörün alt kısmı ile döşeme arasındaki boşluk $0,11 \pm 0,005 \text{ m}$ 'dir. Panel radyatörün su giriş bağlantısı üst giriş ağzından, su dönüş bağlantısı ise aynı taraftaki alt ağızdan yapılmıştır. Bağlantı borularında ve radyatörde hava tamponları ve hava birikimleri olmaması için hava tahliye pürjörleri radyatör üst seviyesine yerleştirilmiştir. Isıl güç değerleri panel radyatörden geçen su debisi ve giriş-dönüş devresindeki entalpi farkının belirlenmesi ile belirlenir. Deney tesisatında görüleceği üzere büyük bir bölümü elektrikli ısıtıcı ile karıştırma vanasında dolaştırılan su sirkülasyon pompası yardımıyla denenen cihaza basılır ve tekrar denge kabına yönelir. Deneyde kullanılan ölçüm cihazları, basınç ölçer, nem ölçer, debimetre ve termometredir. Termocouple'lar

vasıtasıyla da istenilen su sıcaklık değerleri elde edilir. Karakteristik eşitlik en azından üç noktadaki sabit su debisi ve aşırı sıcaklık değerleri esas alınarak belirlenir. $\Delta T=(30 \pm 2,5)$ K , $\Delta T=(50 \pm 2,5)$ K , $\Delta T=(60 \pm 2,5)$ K . Su ve hava sıcaklıkları maksimum $\pm 0,1$ K , su debisi ise $\pm \%1$ hassasiyetle ölçülmektedir.



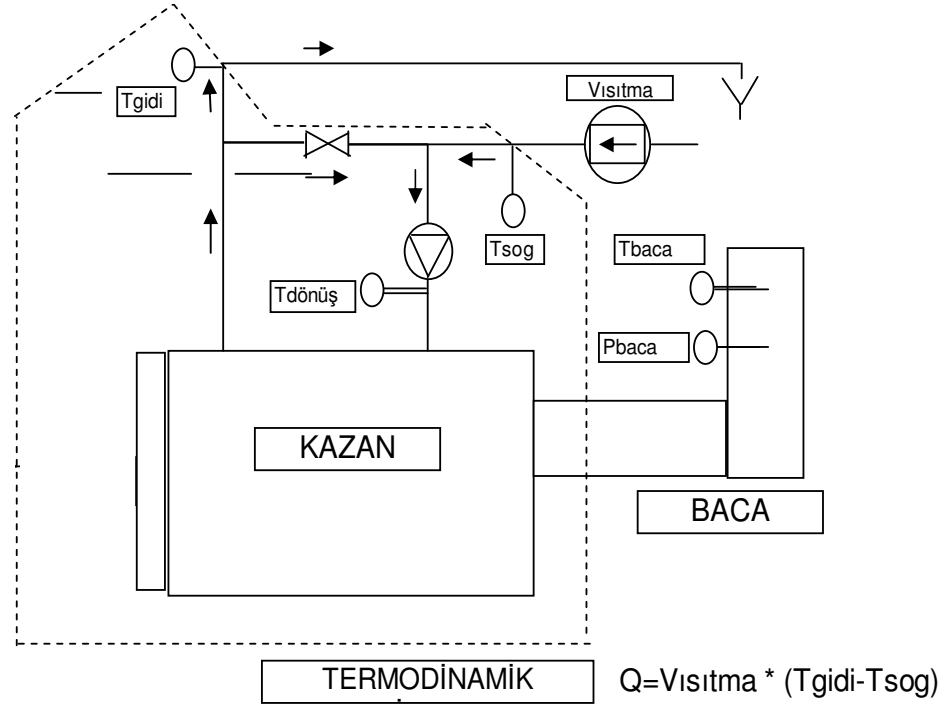
Şekil 32. Panel radyatör testi deney düzeneği

1. Hava tahliye vanası
2. Hava toplama kabı
3. Su tankı
4. Tartı aleti
5. Sabit seviye tankı
6. Termometre cebi
7. Yalıtımlı sabit en kesitli
8. U borulu manometre
9. Akış ayar vanası



3.9.2 DÖKÜM KAZAN TESTLERİ DENEY DÜZENEGİ, ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ VE ÖLÇÜM CİHAZLARI

Kazan testlerimiz TS EN 303 - 1 / 2 / 3 Merkezi Isıtma Kazanları- sıvı ve gaz yakan - Kazan Gövdesi ve Cebri Çekişli Brülörden Meydana Gelen Sistemler standardına uygun olarak yapılmıştır.



$V_{ısıtma}$: Soğuk su debimetresi

T_{gidi} : Gidiş suyu sıcaklığı

T_{sog} : Soğuk su sıcaklığı

T_{baca} : Baca gazı sıcaklığı

$T_{dönüş}$: Dönüş suyu sıcaklığı

P_{baca} : Baca çekişi

Şekil 33. Kazan Testi Deney Tertibatı

Hazırlanan deney tesisatı ve ölçüm cihazları TSE EN 303/1-2-3 standardına uygun olarak hazırlanmış ve kalibre edilmiştir. Anma ısıl girdisine karşılık gelen kazanın çalışma noktası brülörün çalışma diyagramı içinde kalmaktadır. Deneyde kullanılan brülör de iki kademeli motorin brülörüdür. Yakıt bir varil içerisinde brülörün emiş ağzına doğal olarak (basıncsız) verilmektedir. Yakıtın basınçlandırılması brülörün içindeki dişli pompa vasıtasıyla yapılmakta ve istenilen oranlarda püskürtme sağlanmaktadır. Deney düzeneği, bir dökme dilimli kazan, motorin brülörü, atık gaz bacası, sirkülasyon pompası, farklı

çapdaki borulardan, borular üzerindeki ekipmanlardan (debimetreler, basınç ölçerler ve motorlu vanalar) oluşmaktadır. Deney kontrol odasında, bilgisayar, basınç ve debi proses kontrol cihazları ve motorlu vana kumandaları bulunmaktadır. Kontrol odası deney düzeneğini görebilecek ve olası olumsuzluklardan etkilenmeyecek şekilde tasarlanmıştır.

Kazan testi sonucunda temel olarak baca gazı değerleri ayrıca yanma ve cihaz verimi bilgilerine ulaşılmaktadır. Sıcaklık sensörleri olarak PT 100, basınç algılayıcı olarak 0-10 bar basınç algılayıcılar Honeywell olarak kullanılmaktadır. Sensörlerden ve debimetrelerden gelen sinyaller, bilgisayar kasası dışında bulunan analog ve dijital sinyal toplayabilen Siemens veri toplama kartına iletilmektedir. Kullanılan harici veri toplama kartı , 16 adet analog sinyali hassas biçimde ölçebilmektedir. Daha sonra topladığı bu sinyalleri dahili PCI karta yollar ve sinyaller bilgisayar ortamına bir veri olarak aktarılmış olur. Bacadan atılan gazlar ve baca gazı sıcaklıkları Testo baca gazı analizörleri ile ölçülmektedir.

Testte kullanılan Siemens baca gazı analiz cihazı; O₂, CO, CO₂, NO_x, NO, Hava fazlalık katsayısı değerlerini ölçebilen çok fonksiyonlu el tipi bir baca gazı analizörüdür. Mikro işlemci bazlı analizör, 2 adet dahili elektrokimyasal sensörle O₂ ve CO gazı konsantrasyonlarını ölçer. Gaz sıcaklığı ve yanma havası sıcaklığı ölçümü, gaz analizi ile birlikte verimlilik, fazla hava ve CO₂ konsantrasyonunun hesaplanması için kullanılır. İş güvenliği için ortam havası CO konsantrasyonu sensörü, sızıntı gaz dedektörü harici olarak cihaza bağlanabilir.

Cihazda standart olarak diferansiyel basınç sensörü,dahili yazıcı, ölçüm sonuçlarının depolanması için hafıza ve bunları bilgisayara aktarmak veya cihazın konfigürasyonu değiştirmek için kullanılan yazılım ile arabirim sağlayan RS232 çıkışı mevcuttur.



Sekil 34. Baca Gazı Ölçüm Cihazı

3.10 HATA ANALİZİ

Deneyisel çalışmalarda kullanılan ölçüm cihazları belli bir ölçüm hassasiyetine sahip olduğundan ölçülen her değer belli oranda hata içermektedir. Bilgisayara bağlantılı termoelemanların hassasiyeti 0.01 °C iken , bağıl nem ölçümlerinde hassasiyet %0.1 , hava basıncındaki ölçme hassasiyeti ±0.2 kPa (2 mbar) , sıcaklıklar ± 0,1 K , su debisi ise ± 0.01 m³/h hassasiyetlerde ölçülebilmektedir.

3.10.1 PANEL RADYATÖR TESTLERİ HATA ANALİZİ

Parametre	Birim	Hassasiyet	Ölçüm Aralığı	
T _g - Giriş suyu sıcaklığı	K	0.01	323	363
T _ç - Çıkış suyu sıcaklığı	K	0.01	303	343
T _m - Ortalama su sıcaklığı	K	0.01	313	353
T _h - Oda hava sıcaklığı	K	0.1	291	293
T _n - Ortalama sıcaklık farkı	K	0.1	22	60
L _k - Konvektör boyu	mm	0.1	480	510
t - Zaman	sn	1	3600	
v - Su debisi	m ³ /h	0.01	146.03	151.15
Φ - Bağıl nem	%	0.1	26.45	43.94
P - Hava basıncı	mbar	2	982	990

Çizelge 1. Panel radyatör testleri ölçüm parametreleri, cihazların hassasiyetleri ve ölçüm aralığı

Deneylerde kullanılan her cihazın, kullanım amacı ve yerine göre ölçüm aralığı ve hassasiyeti farklıdır. Bu cihazların oluşturduğu toplam hatayı belirlemek için Mofat 'ın (1988) önerdiği aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır.

$$HATA = \sqrt{\left[\left(\frac{\Delta T_g}{T_g} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_{\check{c}}}{T_{\check{c}}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_m}{T_m} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_h}{T_h} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_n}{T_n} \right)^2 + \left(\frac{\Delta L_k}{L_k} \right)^2 \right] + \left[\left(\frac{\Delta t}{t} \right)^2 + \left(\frac{\Delta v}{v} \right)^2 + \left(\frac{\Delta \Phi}{\Phi} \right)^2 + \left(\frac{\Delta P}{P} \right)^2 \right]}$$

Bu eşitliğin payındaki lambda (Δ) ile ifade edilen değerler cihazın ölçüm hassasiyetini, paydadaki değerler ise ölçüm değerlerini ifade etmektedir. Söz konusu hassasiyet ve ölçüm aralıkları için panel radyatör testleri için yapılan hesaplamalarda hata sınırları %0.35 ile %4.33 olarak bulunmuştur.

3.10.2 DÖKÜM KAZAN TESTİ HATA ANALİZİ

Parametre	Birim	Hassasiyet	Ölçüm Aralığı	
T _g - Gidiş suyu sıcaklığı	K	0.01	74.28	84.20
T _d - Dönüş suyu sıcaklığı	K	0.01	56.29	64.36
T _s - Soğuk su sıcaklığı	K	0.01	15.63	16.32
T _h - Hava sıcaklığı	K	0.1	16.93	23.53
T _b - Baca gazı sıcaklığı	K	0.1	160.68	203.19
v - Yakıt debisi	m ³ /h	0.01	27.79	30.41
L _g - Geciktirici boyu	mm	0.1	880	
t - Zaman	sn	1	3600	
P _y - Yakıt basıncı	bar	0.1	11	17
P _{baca} - Baca gazı basıncı	mbar	0.1	-0.02	-0.09
P _{yanma} - Yanma odası basıncı	mbar	0.1	0.6	6.6
P _{gaz} - Gaz direnci basıncı	mbar	0.1	0.65	6.67
λ - Hava fazlalık katsayısı	%	0.1	1.13	1.24
O ₂ - Oksijen oranı	%	0.1	1.87	4.22

Çizelge 2. Döküm kazan testleri ölçüm parametreleri, cihazların hassasiyetleri ve ölçüm aralığı

Döküm kazan deneylerinde kullanılan her cihazın, kullanım amacı ve yerine göre ölçüm aralığı ve hassasiyeti de farklı olduğundan ölçüm cihazlarının oluşturduğu toplam hatayı belirlemek için Mofat 'ın (1988) önerdiği aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır.

$$HATA = \sqrt{\left[\left(\frac{\Delta T_g}{T_g} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_d}{T_d} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_s}{T_s} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_h}{T_h} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_b}{T_b} \right)^2 + \left(\frac{\Delta v}{v} \right)^2 + \left(\frac{\Delta L_g}{L_g} \right)^2 \right. \\ \left. + \left(\frac{\Delta t}{t} \right)^2 + \left(\frac{\Delta P_y}{P_y} \right)^2 + \left(\frac{\Delta P_{baca}}{P_{baca}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta P_{yanma}}{P_{yanma}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta P_{gaz}}{P_{gaz}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda} \right)^2 + \left(\frac{\Delta O_2}{O_2} \right)^2 \right]$$

Söz konusu hassasiyet ve ölçüm aralıkları için döküm kazan testleri için yapılan hesaplamalarda hata sınırları %1.11 ile %5.01 olarak bulunmuştur.

BÖLÜM IV

ARAŞTIRMA SONUÇLARI (BULGULAR)

4.1 PANEL RADYATÖR TESTİ VE VERİMLİLİĞİN EKONOMİK ANALİZİ

Radyatörlerin norm ısı güçleri

$Q_n = A \times K \times \Delta T_n$ ifadesiyle verilir.

K : Toplam ısı transfer katsayısı (W/m^2K veya $kcal/m^2h^0C$)

A : Toplam radyatör yüzey alanı (m^2)

ΔT_n : Boru içindeki akışkanın ortalama sıcaklığı ile ısıtılacak ortam sıcaklığı arasındaki fark (0C)

Giriş sıcaklığı : $T_g = 90^0C$

Çıkış sıcaklığı : $T_ç = 70^0C$

Ortalama su sıcaklığı: $T_m = 80^0C = (T_g + T_ç)/2$

Oda hava sıcaklığı : $T_h = 20^0C$

Ortalama sıcaklık farkı: $\Delta T_n = 60^0C = T_m - T_h$

alınır. Yukarıda esas alınan sıcaklıklar değiştiği takdirde radyatörlerin de ısı güçleri değişir. Örneğin alışlagelen $90/70^0C$ çalışma sıcaklıkları yerine düşük sıcaklık kazanı kullanılarak $70/55^0C$ çalışma sıcaklıklarında, banyo sıcaklığının 24^0C kabul edilmesi gibi hallerde kullanılan radyatörlerin verecekleri ısı güç, norm ısı gücünden daha az olacaktır.

ΔT_n sıcaklık farkının ısı gücüne etkisi :

Norm ısı gücü $\Delta T_n = 60^0C$ sıcaklık farkı için verilmiştir. ΔT sıcaklık farkının 60^0C den farklı olduğu haller için radyatörlerin “ q ” ısı gücü f_l dönüşüm faktörü kullanılarak,

$$f_l = \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_n} \right)^n \text{ olmak üzere}$$

$$\Delta T = \left(\frac{T_g + T_c}{2} \right) - T_h$$

$$\Delta T_n = 60^\circ C$$

$$q = f_1 \times q_n$$

ifadesinden yararlanılarak bulunur. n katsayısı radyatörlerde genellikle $1,20 \leq n \leq 1,45$ değerleri arasında değişir. n katsayısı radyatör tiplerine göre Çizelge-1 de verilmiştir.

Su giriş-çıkış sıcaklıklarının farkı ısı gücünün belirlenmesinde önemlidir. Isıtıcıya su giriş, su çıkış sıcaklığına ve oda sıcaklığına bağlı olarak

$$c = \frac{(T_g - T_h)}{T_c - T_h} < 0.7 \quad \text{ise } f_2 \text{ düzeltme faktörü kullanılır.}$$

$$f_2 = \left[\frac{(1.0094 \times 2 \times (1 - c) / (1 + c))}{\ln(1/2)} \right]^n$$

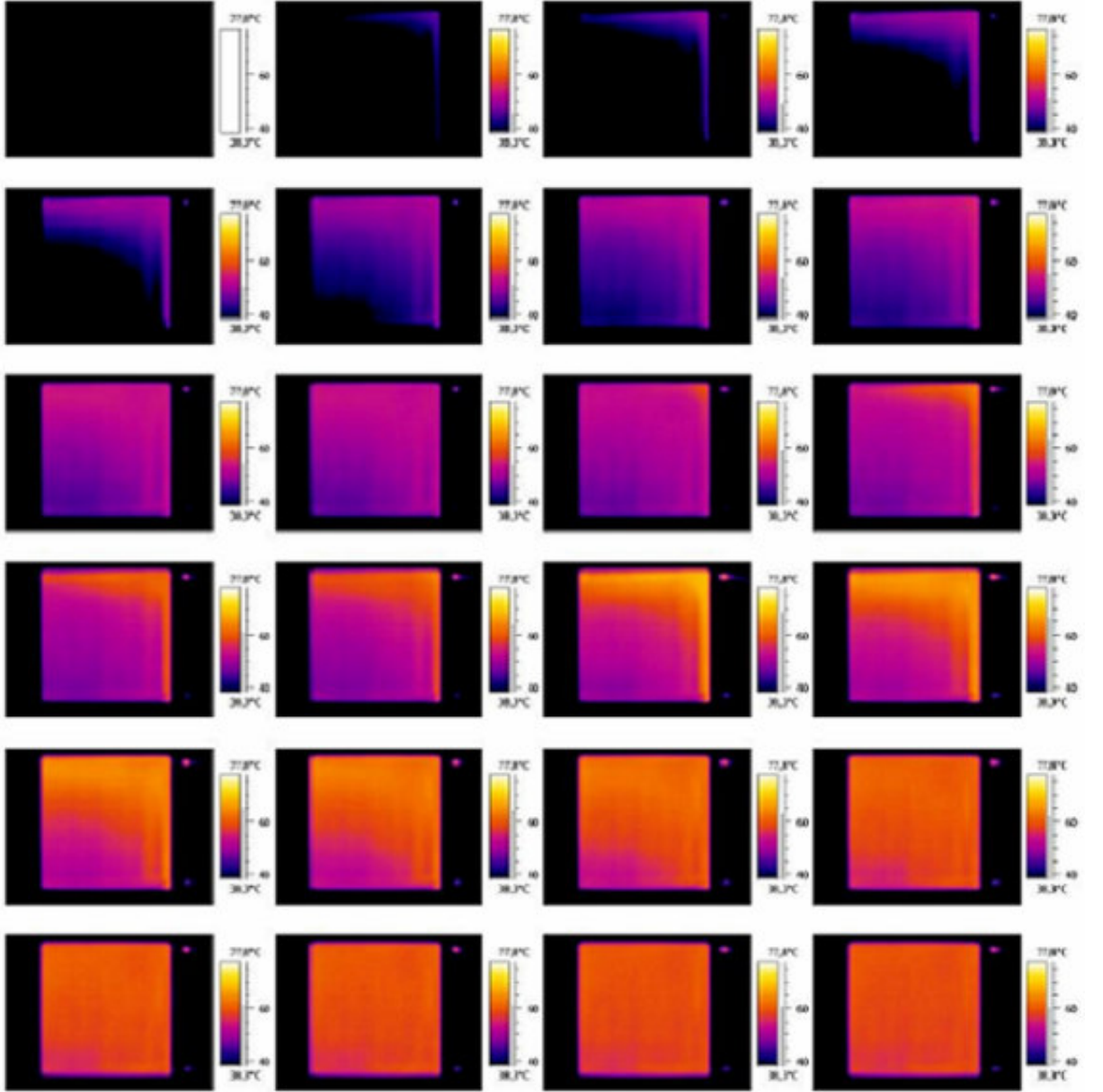
olmak üzere radyatörün ısı gücü $q = f_1 \times f_2 \times q_n$ ifadesiyle belirlenir. Eğer $c \leq 0.7$ ise $f_2 = 1$ alınıp radyatör ısı gücü $q = f_1 \times q_n$ ifadesiyle bulunur.

Isıl güç ışınlama faktörü s_k ve n_p üssü TSE EN 442-2/Mart 1998 standardı Çizelge 4 'den alınmaktadır. (Bkz. EK-4)

TİP	Yükseklik	Isıl güç ΔT_{60} (W/m)	Ağırlık (kg/m)	Su hacmi (l/m)	Genişlik n (mm)	n
10- P	300	484	6,5	1,7	45	1,262
	400	600	9,0	2,0	45	1,269
	500	757	10,5	2,4	45	1,277
	600	872	12,5	2,8	45	1,284
	750	1058	16	3,6	45	1,285
	900	1267	18,5	4,0	45	1,287
11- PK	300	776	9,5	1,7	49	1,362
	400	993	12,5	2,0	49	1,371
	500	1163	16,0	2,4	49	1,379
	600	1360	19,0	2,8	49	1,388
	750	1665	23,5	3,6	49	1,373
	900	1907	27,5	4,0	49	1,357
21- PKP	300	1111	15,9	3,4	68	1,3551
	400	1366	20,9	4,0	68	1,3526
	500	1569	26,4	4,8	68	1,3502
	600	1801	30,4	5,6	68	1,3478
	750	2140	38,9	7,2	68	1,3442
	900	2429	45,4	8,0	68	1,3406
22- PKKP	300	1547	18,5	3,4	105	1,317
	400	1921	25,0	4,0	105	1,328
	500	2226	31,0	4,8	105	1,339
	600	2688	37,0	5,6	105	1,35
	750	3174	47,0	7,2	105	1,355
	900	3552	55,0	8,0	105	1,36
33- DKEK	300	2103	28,0	5,1	160	1,32
	400	2834	37,0	6,0	160	1,327
	500	3337	46,5	7,2	160	1,333
	600	3795	55,0	8,4	160	1,34
	750	4314	70,0	10,8	160	1,35
	900	4628	83	12,0	160	1,359

Çizelge 3. DemirDöküm Panel Radyatör n Katsayıları ve Fiziksel Özellikler (Isıl güçler ; su giriş sıcaklığı 90°C, su çıkış sıcaklığı 70°C, ortam sıcaklığı 20°C içindir.) (DAĞSÖZ 1998)

Aşağıda DemirDöküm panel radyatörlerin sıcaklık dağılım performansı, termal kamera görüntüleme yöntemi ile gösterilmektedir. Örnekte tek taraf boru bağlantısı yapılmış 22/600/60 tip panel radyatörün $\Delta T=68,5^{\circ}\text{C}$ ve 18°C oda sıcaklığındaki performansı görülmektedir. Bu çalışmada DemirDöküm panel radyatörlerin birkaç dakika içinde en iyi ısınma profilini ve sıcaklık dağılımını sağladığı gözükmektedir.



Şekil 35. 22/600/60 Tip Panel Radyatörün Rejime Girerken Termal Kamera Görüntüleme Yöntemiyle Çekilmiş Fotoğrafları

22/600/60 tip panel radyatörün $\Delta T=68,5^{\circ}\text{C}$ ve 18°C oda sıcaklığındaki $80/60^{\circ}\text{C}$ 'de 1.906 kcal/h güç vermektedir. Yukarıda termal kamerayla görüntüleri çekilmiş olan sistemin rejime girme süresi şu şekilde hesaplanabilir:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$m = 5,6 \text{ kg}$$

$$c = 1 \text{ kJ / kg}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 68,5^{\circ}\text{C}$$

$$1.906 \text{ kcal/h} = 31,76 \text{ kcal/dk}$$

$$Q = 5.6 \text{ kg} \times \frac{1 \text{ kW} - s}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 68.5^\circ\text{C} = 383,6 \text{ kW-s} = 91,55 \text{ kcal} \quad (1 \text{ kcal} = 4,19 \text{ kW-s})$$

$$\text{Sistemin rejime girmesi için gerekli süre: } t = \frac{91,55 \text{ kcal}}{31,76 \text{ kcal / dk}} = 2,88 \text{ dk}$$

GİRİŞ SIC	80	80	80	80	80	80	80	80
ÇIKIŞ SIC	60	60	60	60	60	60	60	60
TM	70	70	70	70	70	70	70	70
ODA SIC	10	12	15	18	20	22	24	26
ΔT	60	58	55	52	50	48	46	44
ΔTn	70	68	65	62	60	58	56	54

ODA SICAKLIĞI										
MODEL	TİP	10	12	15	18	20	22	24	26	n
PANEL RADYATÖR (kcal/h)										
10 PLUS	10-300	416	398	373	348	330	314	297	280	1,262
	10-400	516	494	462	430	409	389	368	347	1,269
	10-500	651	624	582	542	516	489	463	437	1,277
	10-600	750	718	671	624	593	563	532	502	1,284
	10-750	910	871	814	757	720	683	645	609	1,285
	10-900	1.090	1.044	974	907	862	818	773	729	1,287
11 PLUS	11-300	667	637	593	549	521	493	464	437	1,354
	11-400	854	816	759	704	667	632	595	559	1,353
	11-500	1.000	955	889	824	782	740	697	656	1,351
	11-600	1.170	1.117	1.041	964	915	866	816	768	1,350
	11-750	1.432	1.368	1.273	1.181	1.120	1.060	999	940	1,349
	11-900	1.640	1.567	1.459	1.352	1.283	1.214	1.145	1.077	1,347
21 PLUS	21-300	994	950	887	824	783	742	700	660	1,355
	21-400	1.271	1.216	1.134	1.053	1.000	948	894	843	1,353
	21-500	1.514	1.447	1.350	1.253	1.190	1.128	1.064	1.002	1,350
	21-600	1.773	1.695	1.579	1.467	1.392	1.319	1.244	1.172	1,348
	21-750	2.148	2.053	1.913	1.775	1.684	1.595	1.505	1.416	1,344
	21-900	2.389	2.283	2.127	1.972	1.872	1.772	1.671	1.572	1,341
22 PLUS	22-300	1.330	1.272	1.186	1.102	1.046	991	935	881	1,317
	22-400	1.652	1.579	1.472	1.366	1.297	1.228	1.159	1.091	1,328
	22-500	1.914	1.829	1.704	1.580	1.499	1.420	1.339	1.260	1,339
	22-600	2.312	2.209	2.056	1.906	1.808	1.711	1.612	1.516	1,350
	22-750	2.730	2.608	2.427	2.249	2.132	2.017	1.901	1.788	1,355
	22-900	3.055	2.917	2.714	2.514	2.384	2.255	2.124	1.997	1,360
33 PLUS	33-300	1.809	1.730	1.613	1.498	1.422	1.348	1.271	1.197	1,320
	33-400	2.437	2.330	2.171	2.015	1.913	1.813	1.710	1.610	1,327
	33-500	2.870	2.743	2.556	2.371	2.251	2.131	2.010	1.892	1,333
	33-600	3.264	3.119	2.905	2.695	2.557	2.420	2.282	2.148	1,340
	33-750	3.710	3.544	3.299	3.058	2.901	2.745	2.587	2.433	1,350
	33-900	3.980	3.801	3.536	3.276	3.107	2.939	2.769	2.604	1,359

Çizelge 4. 80/60 °C Giriş çıkış suyu sıcaklıklarında Panel radyatör, döküm radyatör, banyopan ürünlerindeki ısı güç tablosu (DemirDöküm Yayınları Panel Radyatör Kitapçığı 2005)

DÖKÜM RADYATÖR										
KOLONLU	4/65 (144/500)	103	98	93	86	81	77	73	69	1,3
	4/95 (144/800)	156	148	139	129	123	116	110	104	1,25
	6/65 (221/500)	149	141	133	123	117	110	105	99	1,3
PERKOLON	350/160	80	76	72	65	63	59	56	53	1,3
	500/160	116	111	103	95	92	86	81	76	1,3
	900/160	179	177	159	148	140	133	126	119	1,3
RİDEM	3/500 (99/500)	68	63	60	56	52	49	46	43	1,29
	4/623 (134/623)	103	95	90	82	78	73	69	63	1,32
BANYOPAN										
U PROFİL DÜZ BOYALI BANYOPAN	BP U 4/7	213	205	191	179	170	162	153	145	1,2476
	BP U 4/12	325	311	291	270	257	244	231	218	1,2846
	BP U 5/7	257	247	231	216	205	195	185	175	1,2487
	BP U 5/12	399	383	357	332	316	300	284	269	1,2833
	BP U 6/7	300	287	269	251	239	227	215	204	1,2497
	BP U 6/12	470	450	420	391	372	360	335	316	1,2819
U PROFİL OVAL BOYALI BANYOPAN	BP UO 4/7	225	216	202	189	179	170	161	153	1,2583
	BP UO 4/12	339	324	303	282	268	255	241	228	1,283
	BP UO 5/7	279	267	250	233	222	211	200	189	1,2466
	BP UO 5/12	424	407	380	353	336	319	302	285	1,27
	BP UO 6/7	331	317	297	277	264	251	238	225	1,235
	BP UO 6/12	509	487	455	424	403	390	363	342	1,257

Çizelge 4 (Devam) . 80/60 °C Giriş çıkış suyu sıcaklıklarında Panel radyatör, döküm radyatör, banyopan ürünlerindeki ısı güç tablosu (DemirDöküm Yayınları Panel Radyatör Kitapçığı 2005)

4.1.1 PANEL RADYATÖR TESTLERİ DENEY NO:1

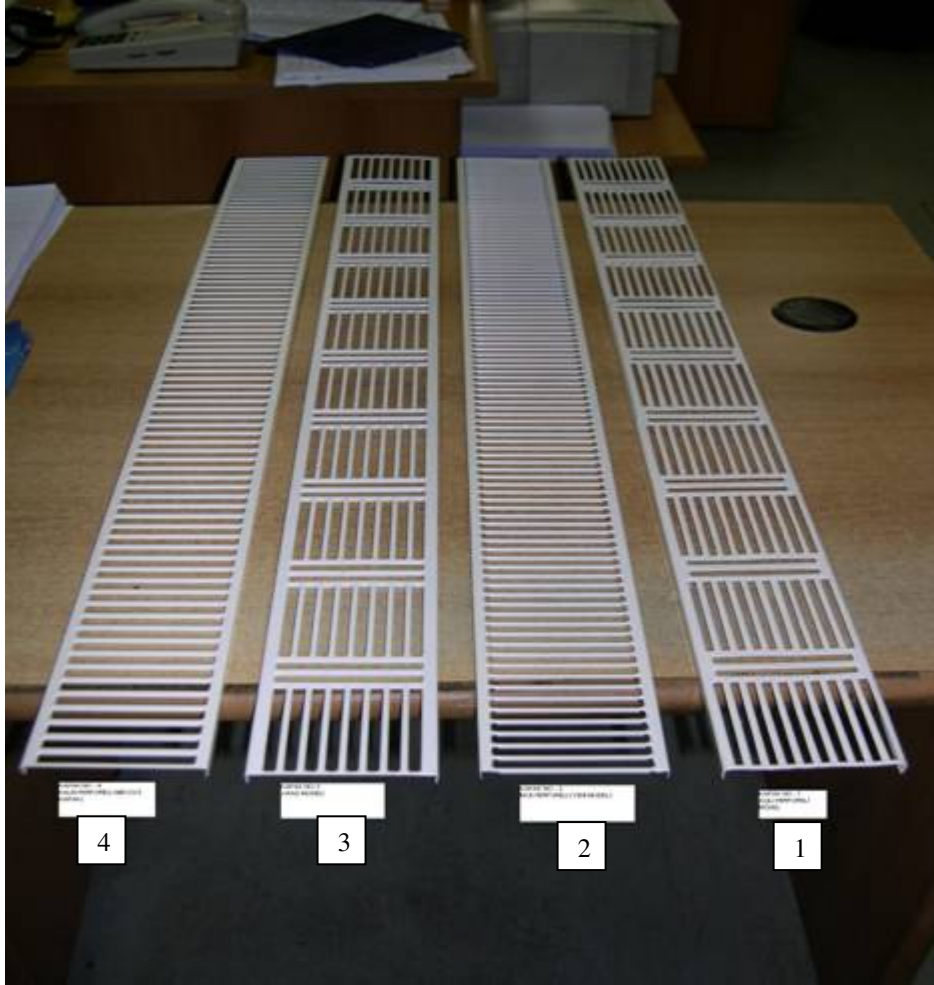
1 no'lu deneyimizde 4 ayrı kapak formu test edilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Kapak no 1: Açılı perforeli model

Kapak no 2: İnce perforeli model

Kapak no 3: J-rad model

Kapak no 4: Kalın perforeli kapak



Şekil 36. Testi gerçekleştirilen panel radyatörde kullanılan 4 ayrı kapak formu

1 No'lu kapak takılarak yapılan deney:

Test no	:01-A (Numune Kapak no:1 Açılı-Perforeli model)
Ürün adı	:Panel Radyatör
Test amacı	:Isıl güç hesabı
Tip	:Çift levha çift kanatçıklı düşey oluklu
Yüzey boyası	:Boyalı
Radyatör boyu (mm)	:1000
Radyatör yüksekliği (mm)	:600
Radyatör eni (mm)	:105
Eksenler arası mesafe (mm)	:545
Konvektör boyu (mm)	:510(455)
Konvektör yüksekliği (mm)	:37
Konvektör hatvesi (mm)	:25
Konvektör kalınlığı (mm)	:0.4
Konvektör hatve sayısı	:39(8 Adet kısa)

TS EN 442-2/Mart 1998 panel radyatörler standardı gereği ısı güçler test edilirken 30-50-60⁰C aşırı sıcaklık değerlerinde test edilmesi gerekmektedir. Bu testler sonucu elde edilen değerler Isıl güç - Aşırı sıcaklık diyagramı üzerinde regrasyon yapılarak ilgili panel radyatörün ısı güç değerine ulaşılır.

Test no: 01-A 30⁰C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ

Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 20.02
Asiri sıcaklık (°C)	: 31.15
Hava basıncı (mbar)	: 983.55
Ortam nemi (%RH)	: 36.04

RADYATOR SU BİLGİLERİ

Giris Suyu Sıcaklığı (°C)	: 53.79
Cikis Suyu Sıcaklığı (°C)	: 48.56
Giris Cikis Suyu Sic. Ort. (°C)	: 51.18
Delta T (°C)	: 5.23
Su Debisi (kg/h)	: 146.36
Oculen Isil Guc (Kcal/h)	: 765.35
Oculen Isil Guc (Watt)	: 890.11
Sk Degeri	: 0.2
Np Degeri	: 0.75
Duzeltilmis Isil Guc (Kcal/h)	: 779.05
Duzeltilmis Isil Guc (Watt)	: 906.03

Test no: 01-A 50⁰C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ

Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 19.79
Aşırı sıcaklık (°C)	: 50.65
Hava basıncı (mbar)	: 986.67
Ortam nemi (%RH)	: 42.14

RADYATOR SU BİLGİLERİ

Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 75.47
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 65.41
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 70.44
ΔT (°C)	: 10.06
Su Debisi (kg/h)	: 146.42
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 1472.98
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 1713.07
Sk Degeri	: 0.2
Np Degeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 1496.47
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 1740.4

Test no: 01-A 60⁰C için ölçülen değerler

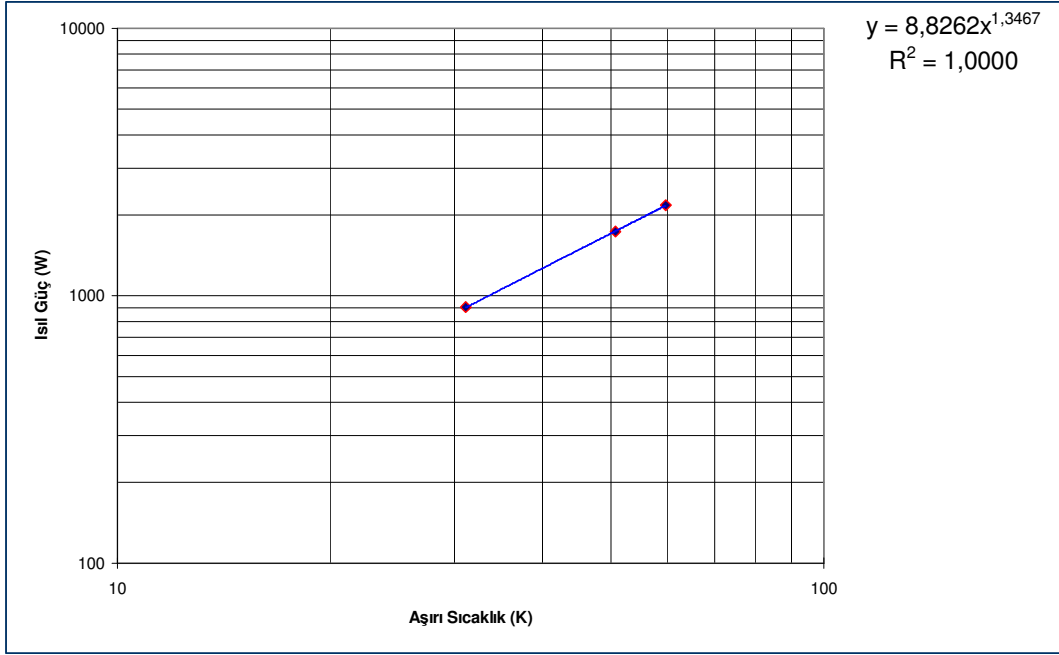
ORTAM BİLGİLERİ

Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 19.93
Aşırı sıcaklık (°C)	: 59.68
Hava basıncı (mbar)	: 986.67
Ortam nemi (%RH)	: 43.94

RADYATOR SU BİLGİLERİ

Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 85.9
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 73.32
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 79.61
ΔT (°C)	: 12.58
Su Debisi (kg/h)	: 146.43
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 1841.94
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 2142.176
Sk Degeri	: 0.2
Np Degeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 1871.323
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 2176.32

1 no'lu kapak regrasyon analizi



ΔT (°C)	Q (W)	Q (kcal/h)	Açıklama
31,15	906,0	779,1	Test sonucu bulunmuş ısı güçleri
50,65	1740,4	1496,5	
59,68	2176,3	1871,3	
50,00	1713,1	1473,0	Regrasyon eşitliğinden bulunmuş standart ısı güç

No'lu kapak takılarak yapılan deney:

Test no	:01-B (Numune Kapak no:2 İnce-Perforeli yeni model)
Ürün adı	:Panel Radyatör
Test amacı	:Isıl güç hesabı
Tip	:Çift levha çift kanatçıklı düşey oluklu
Yüzey boyası	:Boyalı
Radyatör boyu (mm)	:1000
Radyatör yüksekliği (mm)	:600
Radyatör eni (mm)	:105
Eksenler arası mesafe (mm)	:545
Konvektör boyu (mm)	:510 (455)
Konvektör yüksekliği (mm)	:37
Konvektör hatvesi (mm)	:25
Konvektör kalınlığı (mm)	:0.4
Konvektör hatve sayısı	:39 (8 Adet kısa)

Test no: 01-B 30°C için ölçülen değerler**ORTAM BİLGİLERİ**

Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 20.15
Aşırı sıcaklık (°C)	: 31
Hava basıncı (mbar)	: 983.55
Ortam nemi (%RH)	: 34.51

RADYATOR SU BİLGİLERİ

Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 53.82
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 48.49
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 51.15
ΔT (°C)	: 5.32
Su Debisi (kg/h)	: 151.15
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 805.08
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 936.3099
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 819.49
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 953.07

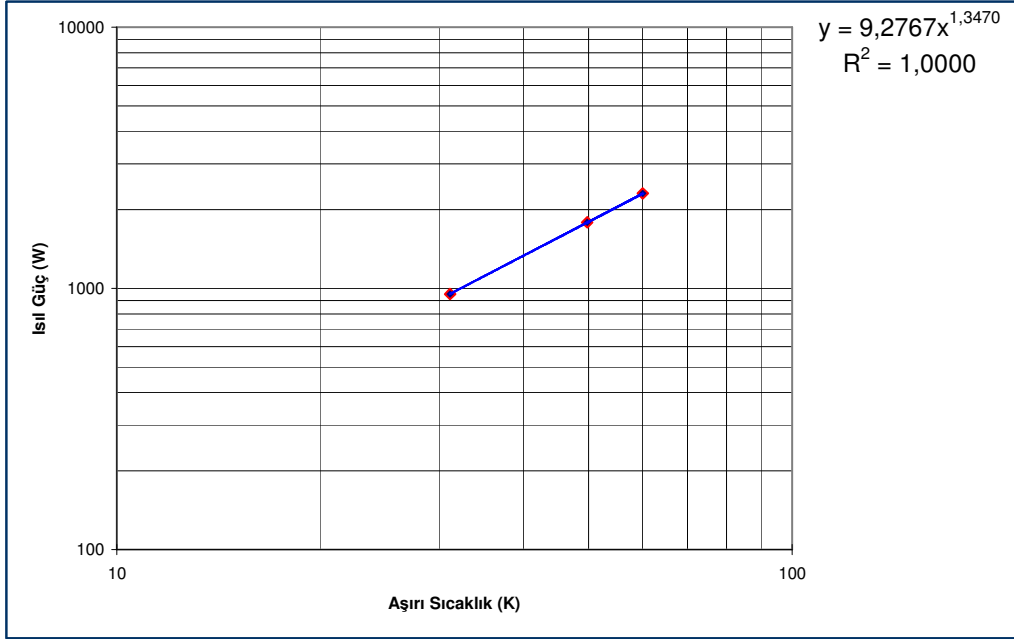
Test no: 01-B 50⁰C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ		
Hava Referans Sıcaklığı (°C)		: 20.64
Aşırı sıcaklık (°C)		: 49.73
Hava basıncı (mbar)		: 986.67
Ortam nemi (%RH)		: 39
RADYATOR SU BİLGİLERİ		
Giris Suyu Sıcaklığı (°C)		: 75.40
Çıkis Suyu Sıcaklığı (°C)		: 65.37
Giris Çıkis Suyu Sic. Ort. (°C)		: 70.38
Δ T (°C)		: 10.02
Su Debisi (kg/h)		: 151.1
Ölçülen Isıl güç (kcal/h)		: 1514.96
Ölçülen Isıl güç (Watt)		: 1761.9
Sk Değeri		: 0.2
Np Değeri		: 0.75
Düzeltilmiş Isıl güç (kcal/h)		: 1539.13
Düzeltilmiş Isıl güç (Watt)		: 1790.01

Test no: 01-B 60⁰C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ		
Hava Referans Sıcaklığı (°C)		: 20.49
Aşırı sıcaklık (°C)		: 60.1
Hava basıncı (mbar)		: 984.6
Ortam nemi (%RH)		: 37.45
RADYATOR SU BİLGİLERİ		
Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)		: 87.05
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)		: 74.13
Giriş Çıkış Suyu Sic. Ort. (°C)		: 80.59
Δ T (°C)		: 12.92
Su Debisi (kg/h)		: 151.12
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)		: 1952.375
Ölçülen Isıl Güç (Watt)		: 2270.612
Sk Degeri		: 0.2
Np Degeri		: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)		: 1986.044
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)		: 2309.769

2 no'lu kapak regrasyon analizi



ΔT ($^{\circ}C$)	Q (W)	Q (kcal/h)	Açıklama
31,15	953,1	819,5	Test sonucu bulunmuş ısı güçler
49,73	1790,0	1539,1	
60,10	2309,8	1986,0	
50,00	1802,6	1550,0	Regrasyon eşitliğinden bulunmuş standart ısı güç

3 No'lu kapak takılarak yapılan deney:

Test no	:01-C Numune Kapak no:3 (J-rad model)
Ürün adı	:Panel Radyatör
Test amacı	:Isıl güç hesabı
Tip	:Çift levha çift kanatçıklı düşey oluklu
Yüzey boyası	:Boyalı
Radyatör boyu (mm)	:1000
Radyatör yüksekliği (mm)	:600
Radyatör eni (mm)	:105
Eksenler arası mesafe (mm)	:545
Konvektör boyu (mm)	:510 (455)
Konvektör yüksekliği (mm)	:37
Konvektör hatvesi (mm)	:25
Konvektör kalınlığı (mm)	:0.4
Konvektör hatve sayısı	:39 (8 Adet kısa)

Test no: 01-C 30°C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ	
Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 19.77
Aşırı sıcaklık (°C)	: 31
Hava basıncı (mbar)	: 985.11
Ortam nemi (%RH)	: 35.53
RADYATOR SU BİLGİLERİ	
Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 53.43
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 48.12
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 50.77
ΔT (°C)	: 5.3
Su Debisi (kg/h)	: 147.1
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 779.79
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 906.9
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 792.99
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 922.25

Test no: 01-C 50⁰C için ölçülen değerler**ORTAM BİLGİLERİ**

Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 20.2
Aşırı sıcaklık (°C)	: 50.18
Hava basıncı (mbar)	: 982
Ortam nemi (%RH)	: 38.64

RADYATOR SU BİLGİLERİ

Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 75.41
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 65.3499
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 70.38
ΔT (°C)	: 10.05
Su Debisi (kg/h)	: 147.3
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 1481.07
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 1722.49
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 1509.01
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 1754.98

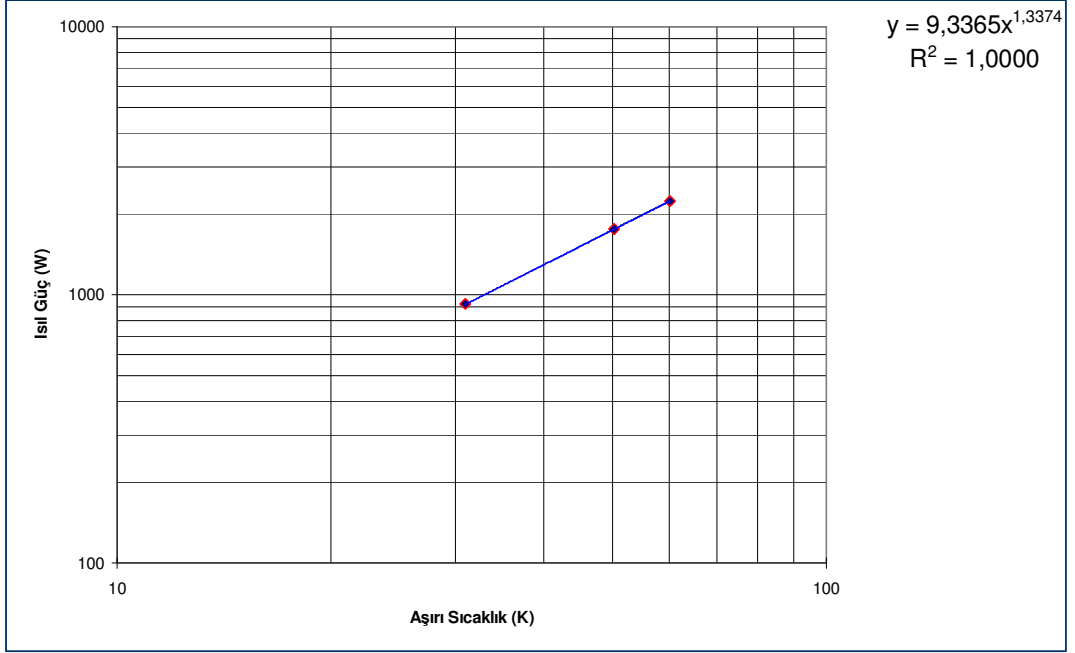
Test no: 01-C 60⁰C için ölçülen değerler**ORTAM BİLGİLERİ**

Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 20.48
Aşırı sıcaklık (°C)	: 60.13
Hava basıncı (mbar)	: 984.6
Ortam nemi (%RH)	: 34.38

RADYATOR SU BİLGİLERİ

Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 87.03
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 74.19
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 80.61
ΔT (°C)	: 12.84
Su Debisi (kg/h)	: 147.31
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 1891.369
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 2199.663
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 1923.986
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 2237.596

3 no'lu kapak regrasyon analizi



ΔT (°C)	Q (W)	Q (kcal/h)	Açıklama
31,00	922,2	793,0	Test sonucu bulunmuş ısı güçler
50,18	1755,0	1509,0	
60,13	2237,6	1924,0	
50,00	1747,4	1502,5	Regrasyon eşitliğinden bulunmuş standart ısı güç

4 No'lu kapak takılarak yapılan deney:

Test no	:01-D Numune Kapak no:4 Kalın perforeli(Mevcut kapak)
Ürün adı	:Panel Radyatör
Test amacı	:Isıl güç hesabı
Tip	:Çift levha çift kanatçıklı düşey oluklu
Yüzey boyası	:Boyalı
Radyatör boyu (mm)	:1000
Radyatör yüksekliği (mm)	:600
Radyatör eni (mm)	:105
Eksenler arası mesafe (mm)	:545
Konvektör boyu (mm)	:510 (455)
Konvektör yüksekliği (mm)	:37
Konvektör hatvesi (mm)	:25
Konvektör kalınlığı (mm)	:0.4
Konvektör hatve sayısı	:39 (8 Adet kısa)

Test no: 01-D 30°C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ

Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 19.97
Aşırı sıcaklık (°C)	: 30.75
Hava basıncı (mbar)	: 986.67
Ortam nemi (%RH)	: 40.37

RADYATOR SU BİLGİLERİ

Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 53.33
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 48.12
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 50.72
ΔT (°C)	: 5.21
Su Debisi (kg/h)	: 148.57
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 773.86
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 900
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 786.2
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 914.35

Test no: 01-D 50⁰C için ölçülen değerler**ORTAM BİLGİLERİ**

Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 20.2
Aşırı sıcaklık (°C)	: 50.16
Hava basıncı (mbar)	: 984.07
Ortam nemi (%RH)	: 36.1

RADYATOR SU BİLGİLERİ

Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 75.36
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 65.36
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 70.36
ΔT (°C)	: 10
Su Debisi (kg/h)	: 148.58
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 1485.72
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 1727.89
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 1511.82
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 1758.25

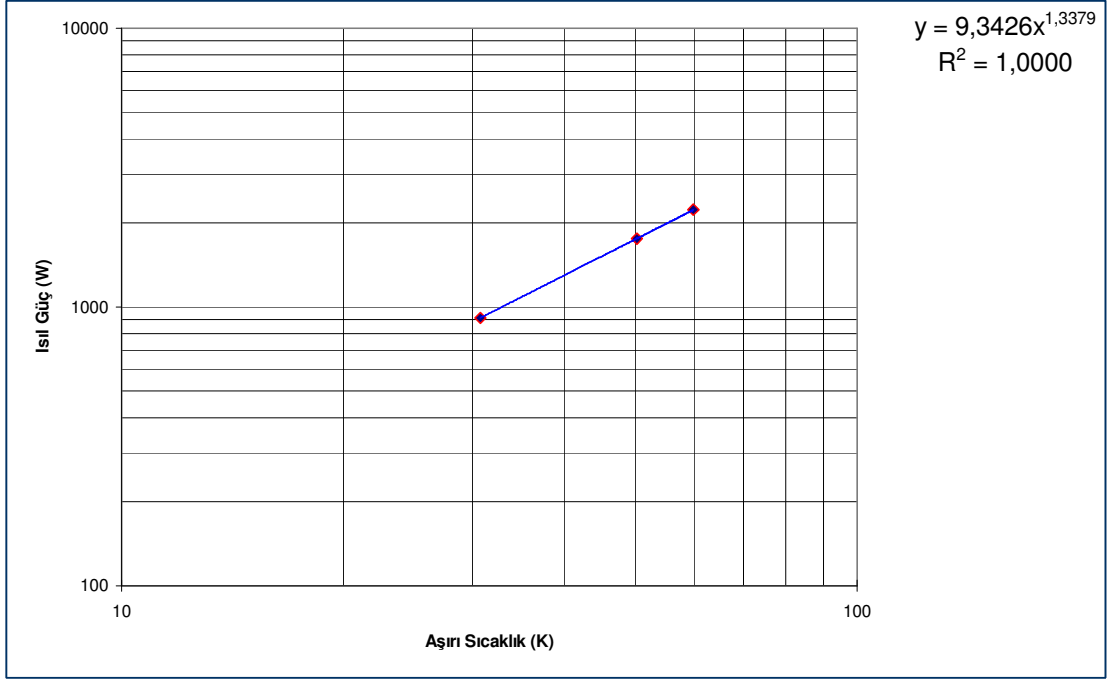
Test no: 01-D 60⁰C için ölçülen değerler**ORTAM BİLGİLERİ**

Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 20.44
Aşırı sıcaklık (°C)	: 59.86
Hava basıncı (mbar)	: 984.08
Ortam nemi (%RH)	: 36.61

RADYATOR SU BİLGİLERİ

Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 86.64
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 73.96
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 80.3
ΔT (°C)	: 12.68
Su Debisi (kg/h)	: 148.61
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 1884.265
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 2191.4
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 1917.36
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 2229.90

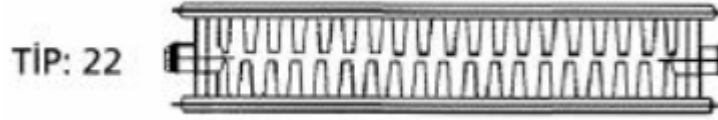
4 no'lu kapak regrasyon analizi



ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	Q (W)	Q (kcal/h)	Açıklama
30,75	914,4	786,2	Test sonucu bulunmuş ısı güçler
50,16	1758,2	1511,8	
59,86	2229,9	1917,4	
50,00	1751,9	1506,4	Regrasyon esitliğinden bulunmuş standart ısı güç

4.1.2 PANEL RADYATÖR TESTLERİ DENEY NO:2

2 no'lu deneyimizde farklı konvektör boyuna sahip olan panel radyatörler test edilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.



Şekil 37. Panel radyatör konvektörlerinin üstten görünüşü

4.1.2.1 Kısa konvektör boyuna sahip panel radyatörün testi

Test no	:02 No'lu (K) kısa konvektörlü panel radyatör testi
Ürün adı	:Panel radyatör
Test amacı	:Isıl güç hesabı
Tip	:Çift levha çift kanatçıklı düşey oluklu
Yüzey boyası	:Boyalı
Radyatör boyu (mm)	:1000
Radyatör yüksekliği (mm)	:600
Radyatör eni (mm)	:105
Eksenler arası mesafe (mm)	:545
Konvektör boyu (mm)	:480
Konvektör yüksekliği (mm)	:37
Konvektör hatvesi (mm)	:25
Konvektör kalınlığı (mm)	:0.4
Konvektör hatve sayısı	:39

TS EN 442-2/Mart 1998 panel radyatörler standardı gereği ısı güçler test edilirken 30-50-60⁰C aşırı sıcaklık değerlerinde test edilmesi gerekmektedir. Bu testler sonucu elde edilen değerler Isıl güç - Aşırı sıcaklık diyagramı üzerinde regrasyon yapılarak ilgili panel radyatörün ısı güç değerine ulaşılır.

Test no: 02-K-A 30⁰C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ	
Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 20.02
Aşırı sıcaklık (°C)	: 31.77
Hava basıncı (mbar)	: 990
Ortam nemi (%RH)	: 26.45
RADYATOR SU BİLGİLERİ	
Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 54.53
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 49.05
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 51.79
ΔT (°C)	: 5.47
Su Debisi (kg/h)	: 146.03
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 799.69
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 930.04
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 810.8
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 942.96

Test no: 02-K-B 50⁰C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ	
Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 19.89
Aşırı sıcaklık (°C)	: 50.45
Hava basıncı (mbar)	: 984
Ortam nemi (%RH)	: 33.89
RADYATOR SU BİLGİLERİ	
Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 75.349
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 65.33
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 70.34
ΔT (°C)	: 10.02
Su Debisi (kg/h)	: 146.2
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 1464.61
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 1703.34
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 1490.41
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 1733.35

Test no: 02-K-C 60°C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ	
Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 20.09
Aşırı Sıcaklık (°C)	: 60.02
Hava basıncı (mbar)	: 990
Ortam nemi (%RH)	: 25.28
RADYATOR SU BİLGİLERİ	
Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 86.5
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 73.73
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 80.12
ΔT (°C)	: 12.77
Su Debisi (kg/h)	: 146.25
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 1868.28
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 2172.81
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 1894.25
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 2203.01

Kısa konvektörlü panel radyatör regrasyon analizi

ΔT (°C)	Q (W)	Q (kcal/h)	Açıklama
31,77	943,0	810,8	Test sonucu bulunmuş ısı güçler
50,45	1733,3	1490,4	
60,02	2203,0	1894,3	
50,00	1721,6	1480,3	Regrasyon eşitliğinden bulunmuş standart ısı güç

4.1.2.2 Uzun konvektör boyuna sahip panel radyatörün testi

Test no	:02 No'lu (U) uzun konvektörlü panel radyatör testi
Ürün adı:	: Panel radyatör
Test amacı	:Isıl güç hesabı
Tip	:İki konvektörlü iki levha panel radyatör
Tür	:PKKP
Boyut	:600X1000 mm
Radyatör boyu	:1000 mm
Radyatör yüksekliği	:600 mm
Radyatör eni	:105 mm
Eksenler arası mesafe	:545 mm
Konvektör boyu	:510 mm
Konvektör yüksekliği	:37 mm
Konvektör hatvesi	:25 mm
Konvektör kalınlığı	:0.4 mm
Konvektör hatve sayısı	:39 (8 Adet kısa)

Test no: 02-U-A 30°C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ

Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 19.99
Aşırı sıcaklık (°C)	: 31.02
Hava basıncı (mbar)	: 974
Ortam nemi (%RH)	: 34.89

RADYATOR SU BİLGİLERİ

Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 53.61
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 48.41
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 51.01
ΔT (°C)	: 5.19
Su Debisi (kg/h)	: 149.41
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 776.62
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 903.21
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 795.19
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 924.81

Test no: 02-U-A 50⁰C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ		
Hava Referans Sıcaklığı (°C)		: 19.88
Aşırı sıcaklık (°C)		: 50.37
Hava basıncı (mbar)		: 972
Ortam nemi (%RH)		: 31.93
RADYATOR SU BİLGİLERİ		
Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)		: 75.25
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)		: 65.26
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)		: 70.26
ΔT (°C)		: 9.99
Su Debisi (kg/h)		: 149.52
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)		: 1494.4
Ölçülen Isıl Güç (Watt)		: 1737.99
Sk Değeri		: 0.2
Np Değeri		: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)		: 1532.03
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)		: 1781.75

Test no: 02-U-A 60⁰C için ölçülen değerler

ORTAM BİLGİLERİ	
Hava Referans Sıcaklığı (°C)	: 20.05
Aşırı sıcaklık (°C)	: 60.07
Hava basıncı (mbar)	: 973
Ortam nemi (%RH)	: 29.15

RADYATOR SU BİLGİLERİ	
Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	: 86.44
Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	: 73.82
Giriş Çıkış Suyu Sıc. Ort. (°C)	: 80.13
ΔT (°C)	: 12.62
Su Debisi (kg/h)	: 149.63
Ölçülen Isıl Güç (kcal/h)	: 1888.7
Ölçülen Isıl Güç (Watt)	: 2196.55
Sk Değeri	: 0.2
Np Değeri	: 0.75
Düzeltilmiş Isıl Güç (kcal/h)	: 1935.05
Düzeltilmiş Isıl Güç (Watt)	: 2250.46

Uzun konvektörlü panel radyatör regrasyon analizi



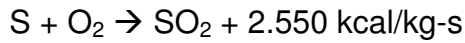
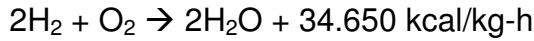
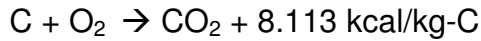
ΔT (°C)	Q (W)	Q (kcal/h)	Açıklama
31,02	924,8	795,2	Test sonucu bulunmuş ısı güçler
50,37	1781,8	1532,0	
60,07	2250,5	1935,1	
50,00	1760,7	1513,9	Regrasyon eşitliğinden bulunmuş standart ısı güç

4. 2 DÖKÜM KAZAN TESTİ VE VERİMLİLİĞİN EKONOMİK ANALİZİ

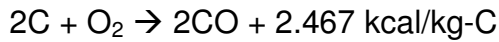
Bilgin (2006) çalışmasında kazanlarda enerji verimliliği, yanmanın mükemmelliğine ve yanma sonucu açığa çıkan ısı enerjisinin kazan içindeki akışkana transfer oranına, baca gazı emisyonları ise yine yanmanın kalitesine, ocak ve brülör tasarımına ayrıca kullanılan yakıt içerisindeki kirleticilere bağlı olduğunu ifade etmiştir. Bu nedenle işletme döneminde, kazanlarda termik verimin sürekli olarak yüksek tutulabilmesi ve emisyonların kontrol edilebilmesi için baca gazı analizörleri yardımıyla, baca gazı bileşenlerinin sürekli veya periyodik olarak izlenmesi ve yanmaya etki eden parametrelere zamanında müdahale edilmesi ayrıca brülörlerin duruş zamanlarında kazanların neden olduğu iç soğuma kayıplarının minimize edilmesi önemli olmaktadır.

Kazanların testlerinden önce yanmanın kimyasal denklemini hatırlatmak faydalı olacaktır. Yakıt tamamen yandığında içerisindeki karbon (C) karbondioksit (CO₂) , hidrojen(H₂) su buharına (H₂O) , kükürt (S) kükürtdioksit(SO₂) dönüşmektedir.

Tam Yanma;



Eksik Yanma;



Buradan da görülebileceği gibi yetersiz oksijen sonucu karbonun karbondioksit dönüşmeden, karbonmonoksit halinde kalmasıyla kaybedilen enerji miktarı %70 mertebesinde olmaktadır. Bu kaygıyla mükemmel yanmanın sağlanması için genel bir kural olarak yakıtta verilen hava belirli oranda artırılmaktadır. Buna hava fazlalık katsayısı denilmektedir. Yakıt cinsine bağlı olarak değişen bu katsayının gereğinden az olması halinde karbonmonoksit oluşmakta üretilen enerji azalmakta islilik başlamakta, yanma verimi düşmekte söz konusu hava fazlalık katsayısının gereğinden fazla olması halinde ise karbonmonoksit azalırken, yanmaya iştirak etmeyen hava ocakta ısıtılarak

bacadan atılmakta yanma bozulmakta yanma verimi düşmektedir. Bu nedenle işletme sırasında yanmanın optimizasyonu için baca gazı analizörleri yardımıyla, baca gazı bileşenleri kolayca elde edilip değerlendirilebilmekte, brülör ve kazanlara anında müdahale edilebilmektedir.

Baca Gazı Bileşenleri ve Emisyonlar

a) Oksijen(O₂) :

Yakıt cinsine ve hava fazlalık katsayısına bağlı olarak karbonmonoksit oluşumuna neden olmayacak şekilde baca gazları içerisinde oksijen oranının mümkün olduğunca düşük olması istenmektedir. Doğal gazda %2-3, sıvı yakıtta %3-4, katı yakıtta %5-6 oksijen oranı baca gazı analizleri için ideal değerler olarak kabul edilmektedir.

b) Karbondioksit(CO₂):

Yakıt cinsine bağlı olarak karbondioksit baca gazları içerisinde yüksek oranda bulunması tercih nedeni olmaktadır. Doğalgaz %11, sıvı yakıtta %14, katı yakıtta %14 karbondioksit değerleri, baca gazı analizleri için uygun mertebeler olarak söylenebilmektedir. Konumuzla direkt ilgili olmamakla birlikte iyi bir yanmanın doğal sonucu olarak baca gazlarında yüksek oranda arzu edilen karbondioksit atmosferde neden olduğu sera etkisiyle son yıllarda emisyon kabul edilmektedir. Burada çözüm, düşük karbon oranlı, yüksek hidrojen ihtiva eden yakıtların yaygınlaşması ve fosil yakıt kullanımının zaman içerisinde sınırlandırılmasıyla mümkün görülmektedir.

c) Karbonmonoksit(CO):

Neden olduğu enerji kaybı ve islilik sonucu kirlenme nedeniyle karbonmonoksit, baca gazları içerisinde arzu edilmemekte ve emisyon kabul edilmektedir. Yakıtta verilen oksijen artırılarak, eksik yanma tamamlanmak suretiyle karbonmonoksit mutlaka karbondioksite dönüştürülmelidir. Baca gazı analizlerinde karbonmonoksit miktarı 100 ppm değerine kadar normal kabul edilebilmektedir.

d) Kükürtdioksit(SO₂):

Yakıt içerisindeki kükürtün yanmasıyla ortaya çıkan kükürtdioksit, çevre için tehlikeli emisyonların başında kabul edilmektedir. Brülör ve kazanda alınacak önlemlerle ilgisi olmayan bu gaz, ancak düşük kükürlü yakıtlarla baca gazlarında azaltılabilmektedir. Doğal gaz kullanımında baca gazında "0" olan kükürtdioksit değeri %0,5 kükürt ihtiva eden ithal kömür kullanıldığında, baca gazlarında, düşük sıcaklıklarda, su buharı ile birleşerek sülfirik asite dönüştüğü ve kazanlarda tahribatlara neden olduğu bilinmektedir.

e) Azotoksitler(NO_x):

Yakıt cinsine bağlı olarak ocağa verilen havanın fazlalık katsayısı ile ocak dizaynından kaynaklı nedenlerle oluşan azotoksitler çevre açısından emisyon kabul edilmektedir. Yakıt hava ayarının elverdiği oranda dışında azotoksitlere müdahale imkanı bulunmakta, kazan alımı sırasında dikkate alınması gereken bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde yeni yeni tartışılmakta olan "Düşük Ocak Yüğü (maksimum 1.3 MW/m³)", Baca Gazları Resirkülasyon Sistemi" ve "Düşük NO_x Brülörleri" azotoksitlerle mücadelede etkin yöntemler olarak kabul edilmektedir.

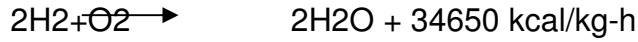
f) Baca Gazı Sıcaklığı (T_{baca}):

Kazanı terk eden baca gazlarının, yakıt cinsine ve içerisindeki kükürt oranına bağlı olarak mümkün mertebe düşük sıcaklıkta olması istenmektedir. Gereğinden fazla yakıt debisi, yetersiz kazan yüzeyi ile duman borularındaki kirlilik, yüksek baca gazı sıcaklığına neden olmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli husus, baca analizlerinin kazan anma gücünü uygun yakıt debisinde yapılmasıdır. Zira düşük kazan kapasitelerinde baca gazı sıcaklığının da düşük çıkması, beklenen bir durum olmaktadır. Yüksek baca gazı sıcaklığı verim kaybı demektir. Baca gazı sıcaklıklarında düşülebilecek minimum değerler, baca gazlarının yoğunlaşma (çığnemeyle) sıcaklığı, ayrıca yakıttaki kükürt (S) dolayısıyla baca gazındaki kükürt dioksit (SO₂) ile ilgilidir. Baca gazları içerisindeki kükürt dioksit (SO₂) su buharı (H₂O) ile düşük sıcaklıklarda reaksiyona girerek sülfirik asit (H₂SO₄) oluşmakta bunun sonucu

olarak da kazanlarda korozyonla istenmeyen tahribatlar meydana gelmektedir. Bu nedenle içerisinde yoğuşmaya izin verilmeyen normal çelik kazanlarda, doğal gaz kullanımında 130-150⁰C, katı ve sıvı yakıt kullanımında 130-175⁰C baca gazı sıcaklıkları uygun değerler olarak kabul edilebilmektedir. Yüksek baca gazı sıcaklıklarında brülör ve kazana mutlaka müdahale edilmeli, kısmen kapasite düşürülerek veya kazan borularına türbülatorler ilave edilerek,baca gazı sıcaklığı düşürülmelidir. Her 20⁰C baca gazı sıcaklık düşümü, verimde %1 artışa neden olmaktadır. (Bilgin 2006)

g) Su Buharı (H₂O), Kondenzasyon :

Hidrojen kökenli yakıtlarda yanma sonucu oluşan baca gazı bileşenlerinden birinde su buharı (H₂O) olduğu ifade edilmiştir. Yanma denklemini hatırlayacak olursak:



Burada 4 gr hidrojen (H₂) , 32 gr oksijenle (O₂) birleşerek 36 gr su (H₂O) oluşturmaktadır. Bir başka ifadeyle 1 gr hidrojen (H₂), 9gr su (H₂O) oluşumuna neden olmakta, ortaya çıkan su ise baca gazları içerisinde su buharı olarak kazanı terk etmektedir. Söz konusu suyun buharlaşabilmesi için üretilen ısıdan bir bölümü kullanılmakta ve kullanılan ısı miktarı ise yakıtın alt ve üst ısıl değeri arasındaki farkı meydana getirmektedir.

Bu ifade formüle edilirse çok yaklaşık olarak ;

$$H_u = H_o - 600W$$

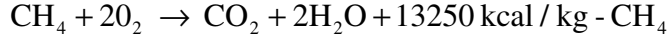
H_o : Yakıt üst ısıl değeri (kcal / kg)

W : Yanma sonucu oluşan su miktarı (kg)

Örnekteki hidrojen (2) için alt ısıl değer;

$$H_u = 34650 - 600 \times 9 = 29250 \text{ kcal / kg - h} \quad \text{olmaktadır.}$$

Aynı örneği %95 'i metan (CH₄) olan doğal gaz için yaparsak, yanma denklemi:



Burada 16 gr metan (CH₄), 64gr oksijenle (O₂) birleşerek 36 gr su (H₂O),yani 1 gr metan (CH₄), 2.25 gr su (H₂O) oluşturmaktadır. Metan (CH₄)'ın alt ısıl değerini hesaplayacak olursak ;

$$H_u = 13250 - (600 \times 2.25) = 11900 \text{ kcal / kg}$$

Metan (CH₄)'ın yoğunluğu Y= 0.715 kg/Nm³ kabul edilirse (16gr/22.4lt), Nm³ bazında söz konusu alt ve üst ısıl değerler ile yanma sonucu oluşan su (H₂O) miktarı ;

$$H_0 = 13250 \times 0.715 = 9470 \text{ kcal / Nm}^3$$

$$H_u = 11900 \times 0.715 = 8510 \text{ kcal / Nm}^3$$

$$W = 2.25 \times 0.715 = 1.60 \text{ kg} - \text{H}_2\text{O / Nm}^3 - \text{CH}_4 \quad \text{olmaktadır.}$$

Bu değerler dikkate alındığında, doğal gaz gibi hidrojen (H₂) kökenli yakıtların kullanılmasında yukarıda sözü edilen iki husus önem kazanmaktadır. Bunlardan birincisi, baca gazları içinde atılan su buharının bacada yoğuşması sonucu yaptığı çöküntü ve tahribatların neden olduğu kazalar (örnek olarak 20.000 kcal/h kapasiteli bir kombi tam kapasitede 4.0 kg/h su buharı üretmektedir), ikincisi ise alt ve üst ısıl değerler arasındaki kullanılmayan farkın normal çelik kazanlarda yarattığı enerji kaybı olmaktadır. Alt ısıl değer baz alındığında, yakıt olarak metan (CH₄) kökenli doğal gazda fark %11, hidrojende %18.5 mertebelerinde olmaktadır.

Yeni teknoloji ürünü kondenzasyonlu (yoğuşmalı) doğal gaz kazanlarında ise kazan içinde veya kazana entegre yoğuşturucuda, baca gazlarında bulunan su buharının yoğuşmasına izin verilmekte ve bu maksatla sistem dönüş suyu yoğuşturucudan geçirilerek, doğal gaz için baca gazı çığlenme sıcaklığı olan 55⁰C'ye kadar baca gazı sıcaklıkları düşürülmekte, soğuyan baca gazının ısısına ek olarak yoğuşan suyun gizli ısısı da kazan içindeki akışkana transfer

edilmekte yoğuşan su miktarına bağlı olarak da normal kazanlara oranla %10-%15 verim artışı sağlanabilmektedir. Alt ısı değer esas alındığında yoğuşmalı kazan verimleri günümüzde %100'den büyük ifadelerle anılmaktadır. Ancak üst ısı değere göre göre söz konusu verim her zaman %100'den küçüktür.

Yanma Verimi ve Kazan Verimi

Baca gazı analizörü tarafından, baca gazlarında ölçülen oksijen karbondioksit, karbonmonoksit, baca gazı sıcaklığı ve ortam sıcaklığı gibi parametreler değerlendirilerek yanma verimi (η_y) otomatik olarak hesaplanabilmektedir. İşletmeci tarafından yanma verimi üzerinde yorum yapılırken, sonuca etki eden faktörler kolayca görülebilmektedir. Yanma veriminden yola çıkarak, kazan veriminden (η_k) söz ederken, kazan radyasyon kayıpları, külde yanmamış karbon kayıpları gibi ölçülmeyen değerler için yakıt cinsine ve kazan kapasitesine bağlı olarak, yanma veriminden bir oranda azaltma yapmak gerekmektedir. TS 4041'de kazan radyasyon kayıpları ve yakıt cinsine bağlı olarak %0.7-3.0 arasında verilmektedir. Baca gazında is ve kurum ile küldeki yanmamış karbon dikkate alındığında yaklaşık kazan verimini belirlerken yanma veriminden radyasyon ve kül kayıpları olarak düşülmesi gereken miktar yaklaşık olarak, doğal gazda %1, fuel-oilde %2-3, kömürde ise %4-5 olarak kabul edilmektedir. Ancak belirtilen yöntemle, baca gazı analizörü kullanılarak kazan verimlerinin tespiti, işletmede yanmanın optimizasyonu ile verimin yüksek tutularak enerji ekonomisi sağlanmasına yönelik olmalıdır. Söz konusu yöntem kazan verimi ve kapasite değerlerinin tescilinde kullanılmamalıdır. (Bilgin 2006)

Kazan Kapasitesi

İşletmede baca gazı analizörü yardımıyla kazan veriminin (η_k) yaklaşık olarak tesbitini takiben yine yaklaşık olarak kazan kapasitesinin belirlenmesi de mümkün olabilmektedir. Bunun için rejim haline getirilmiş kazanda, birim zamanda kullanılan yakıt miktarının doğru olarak tespiti gerekmektedir. Kazan kapasite formülünü hatırlarsak ;

$$Q_k = B \times H_u \times \eta_k$$

Q_k : Kazan kapasitesi	(kcal/h)
B_0 : Yakıt debisi	(kg/h, Nm ³ /h)
H_u : Yakıt alt ısıl değeri	(kcal/kg, kcal/Nm ³)
η_k : Kazan verimi	(%)

Rejim haline getirilmiş kazanda doğal gaz yakıt debisinin tesbiti kolay olup, doğal gaz sayacından okunan değeri, sayaçtan geçen gazın basıncına göre Nm³/h olarak düzeltmek gerekir. Sıvı yakıtta ise yakıt debisinin tayini sayaç kullanılmıyorsa güçtür. Ancak istenildiği takdirde, hacimsel debi takip edilerek kütleli debi hesaplanabilir. Katı yakıtlı sistemlerde ise rejim haline getirilmiş kazana katı yakıtın tartılarak beslenmesi gerekir. Mümkün mertebe sağlıklı bir kapasite ve verim tesbiti yapılmak isteniyorsa, çıkan kül ve baca filtresinde (Mevcutsa) biriken kurum miktarının tartılarak belirlenmesi, ayrıca katı yakıt ve kül+kurum karışımının alt ısıl değerlerinin uzman bir laboratuvarda tesbiti gereklidir. Yoğuşmalı kazanlarda ise duyulur ısıdan kaynaklanan verim ve kapasitenin analizör yardımıyla tesbitinden sonra , test sırasında birim zamanda yoğuşturucuda biriken su miktarı tartılıp kazana transfer edilen gizli ısı miktarı bulunarak (gizli ısı, 550 kcal/kg-su üzerinden hesaplanabilir). Duyulur ısı miktarına eklenmek suretiyle toplam ısı kapasitesi bulunabilir. Toplam ısı kapasitesinin yakılan yakıt miktarı ve alt ısıl değerinin çarpımına bölünmesiyle yoğuşmalı kazanın toplam verimi belirlenebilir. Alt ısıl değere göre hesaplanan bu verim değeri %100'den büyük olabilir. (Bilgin 2006)

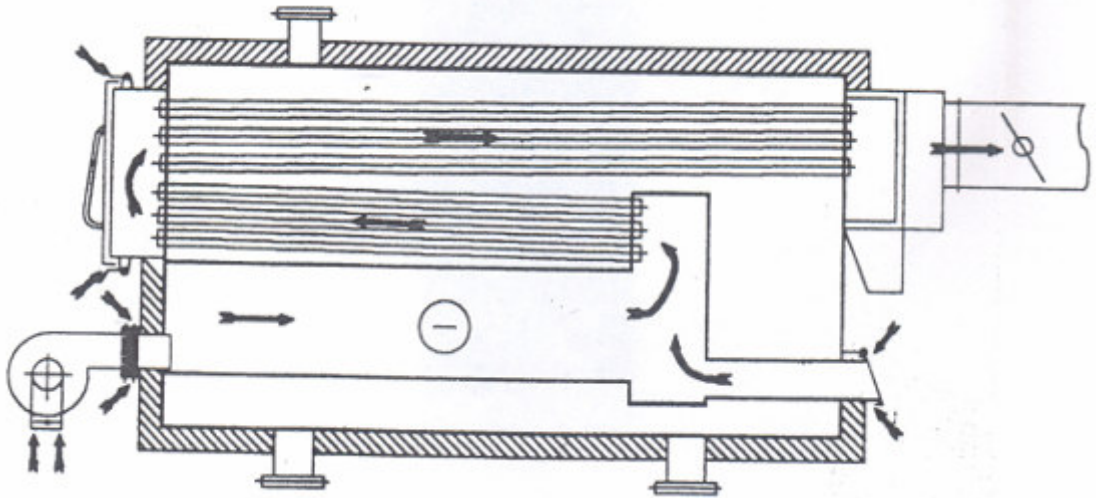
Yakma Yönetim Sistemleri

Yakıt tüketiminin büyük değerlere ulaştığı büyük kapasiteli kazanlarda, verimin kontrolü daha büyük önem arz etmekte ve bu iş için tam otomatik mikro modülasyonlu yakma yönetim ve oksijen trim kontrol sistemleri geliştirilmiş bulunmaktadır. Söz konusu sistem ile baca analizleri sürekli ve otomatik olarak yapılmakta (O₂),(CO₂),(CO) ve baca gazı sıcaklığı gibi baca gazı parametreleri ile yanma verimi sürekli izlenmekte, yakıt karakterinde ve atmosferik şartlarda olabilecek değişikliklerin önceden ayarlanmış parametrelere etkisi sistemin yakıt / hava ayarına otomatik müdahalesi ile önlenilmekte, gerektiğinde frekans

konvertörlü brülör fanları ile eşgüdümlü çalışarak fanın enerji tüketiminden tasarruf sağlanmakta, hassas ve oransal kontrolle tam yanma sonucu sistem verimi yükseltilmekte ve yakıt tasarrufu sağlanmakta, ayrıca sistem otomatik kalibrasyon ve hata tesbitine imkan vermekte ve bina otomasyon sistemlerine de entegre edilebilmektedir.

İç Soğuma Kayıpları

Günümüzde kazan verimleri yıllık verim ifadesiyle anılmaktadır. Bu değer, kazanların bir işletme sezonu içerisinde, çalışma ve bekleme zamanlarının toplamında, ortalama olarak gerçekleştirdiği bir verim ifadesi olmaktadır. Brülörlerin çalışma sürecinde ortaya koyduğu verim, bekleme zamanlarında kazan iç soğuma kayıplarının etkisiyle, yıllık ortalamada daha küçük bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Yıllık verimi, brülörlerin işletmede kalma süresinin büyüklüğü olumlu, kazan ve brülör niteliğinden kaynaklanan hava kaçakları ise olumsuz etkilemektedir.



Şekil 38. Kazanlarda iç soğumaya neden olan hava sirkülasyonu
(Bilgin 2006)

Şekilden de görüleceği gibi , duruşa geçen sıcak bir kazanda, baca çekişi etkisiyle, yanma odasına ve duman borularına giren kontrolsüz hava, kazanı soğutmakta ve ısınmış olarak bacadan dışarı atılmaktadır. İç soğuma

kayıplarının azaltılmasında brülör ve kazan dizaynında alınması gereken tedbirler önem kazanmaktadır. (Bilgin 2006)

Tek kademeli brülörlerde, genellikle emiş hava damperi bulunmamakta ve duruş zamanlarında direkt olarak açık kalmaktadır. İki kademeli ve oransal kontrollü brülörlerde mevcut olan hava damperi duruş zamanlarında kapanmaktadır. Ancak, bir kısım çift kademeli ve oransal brülörde ana şalterden direkt kapatma halinde damper açık kalabilmektedir. Bu nedenle brülör kapatılacaksa termostatın sistemi durdurmasını beklemekte yarar görülmektedir. Ayrıca, brülör hava damperlerinin tam olarak kapanıp kapanmadığını zaman zaman kontrol etmek gerekmektedir.

Kazanlarda hava kaçaklarının önlenmesi için ön duman kapakları contalı ve tam sızdırmaz olmalı, kapandığında tüm kapak profili kazana düzgün bir şekilde basmalıdır. Brülör bağlantı flanşı contalı ve muntazam olmalı, gözetleme deliği kullanım dışında mutlaka kapanabilir olmalıdır. Patlama kapakları kasıtlı olmamalı, contalı ve tam olarak kapanabilmelidir.

Sıcak kazanlarda baca çekiş etkisinin yarattığı hava sirkülasyonunun neden olduğu ısı kayıpları aşağıda teorik olarak incelenmektedir.

a) Baca Çekiş Etkisi (ΔP):

$$\Delta P = H \times (Y_2 - Y_1) \quad (\text{mmSS, kg/m}^2)$$

H : Baca yüksekliği (m)

Y_1 : Kazan sıcaklığındaki havanın yoğunluğu (kg/m³)

Y_2 : Dış sıcaklıktaki havanın yoğunluğu (kg/m³)

Baca çekiş etkisi, baca yüksekliği ve kazan sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasındaki farkla orantılı olarak artmaktadır.

b) Bacadaki Sıcak Havanın Hızı (W)

$$W = 2 \times g \rightarrow \Delta P / Y_1 \quad (\text{m/sn})$$

Bacadaki sıcak havanın hızı ,baca çekişi ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

c) Baca Kesiti (F):

$$F = n \times \frac{Q_k}{\sqrt{H}}$$

Q_k : Kazan kapasitesi (kcal/h)

F : Baca Kesiti (cm²)

H : Baca yüksekliği (m)

n: 0,012.....(Doğal gaz)

n: 0,020.....(Sıvı yakıt)

n: 0,030.....(Katı yakıt)

Baca kesiti, kazan kapasitesi ve yakıta bağlı baca katsayısı ile doğru orantılı olarak artarken baca yüksekliğinin karekökü ile ters orantılı olarak azalmaktadır.

d) Bacada Sıcak Hava Debisi (v):

$$v = F \times W \times 3600 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

F : Baca kesiti (m²)

W : Hava hızı (m/sn)

Bacadaki sıcak hava debisi, baca kesiti ve hava hızıyla doğru orantılı olarak artmaktadır.

e) Bacada Sıcak Hava İle Taşınan Enerji (Q):

$$Q = v \times Y_1 \times (T_1 - T_2) \times c_p \quad (\text{kcal/h})$$

T_1 : Kazan sıcaklığı (°C)

T_2 : Dış hava sıcaklığı (°C)

c_p : Havanın ısınma ısısı (kcal/kg°K)

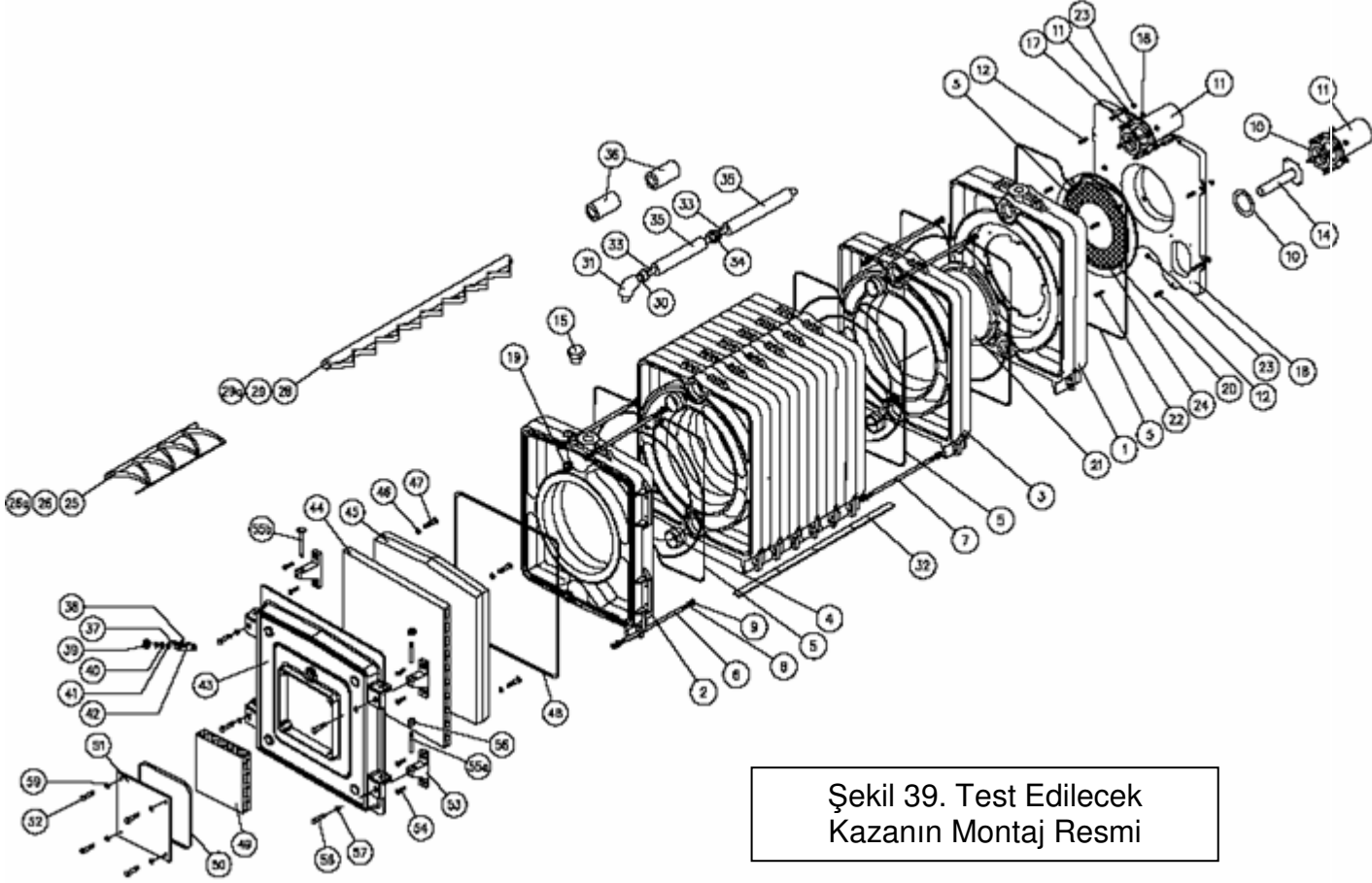
Bacada sıcak hava ile taşınan ısı miktarı, hava debisi, kazan ve dış hava sıcaklığı arasındaki fark ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

Kazanlarda iç soğuma kayıplarının yıllık verime etkisinin tespitinde, brülörlerin devrede kalma süresi, yıllık toplam işletme süresi, kazan sıcaklığı, dış hava sıcaklığının değişimi ve kazan sızdırmazlığı gibi parametlerde bir takım kabuller yapmak gerekmektedir. Bu nedenle, kazan ve yakıt cinsine bağlı olarak iç soğuma kayıpları konusunda, bu aşamada birtakım değerler vermek yerine, yukarıda belirtilen teorik ifadelerden yola çıkılarak, değişmeyen genel sonuçlar aşağıda ifade edilmektedir.

Buna göre:

1. Kazan, brülör kapasiteleri ve baca kesitleri gereğinden büyük olmamalıdır.
2. Çift kademeli veya modülasyonlu brülörler kullanılmak suretiyle, brülörlerin yıllık sezonda devrede kalma süresi arttırılmalıdır.
3. Karıştırıcı vanalarla yapılan otomatik kontrolde, 80-90°C gibi sabit bir kazan suyu sıcaklığı yerine, karışım suyundan +5°C gibi bir değer fazlasıyla, değişken kazan suyu sıcaklığı tercih edilmelidir.
4. Brülör giriş hava damperi, brülör bağlantı flanşı, ön duman kapakları, patlama kapağı gözetleme camı contalı ve tam sızdırmaz olmalıdır.
5. Hava giriş damperi olmayan tek kademeli brülörler ile sızdırmazlığı sağlanamayan kazanlarda, otomatik baca kapatma klapesi tesisi düşünülmelidir.
6. Belirli kazan kapasitesinde, baca yüksekliğine bağlı olarak baca kesiti daraldığından bacadaki sıcak hava debisi sabit kalmakta, dolayısıyla baca yüksekliğinin iç soğuma kayıplarına etkisi olmamaktadır. (Bilgin 2006)

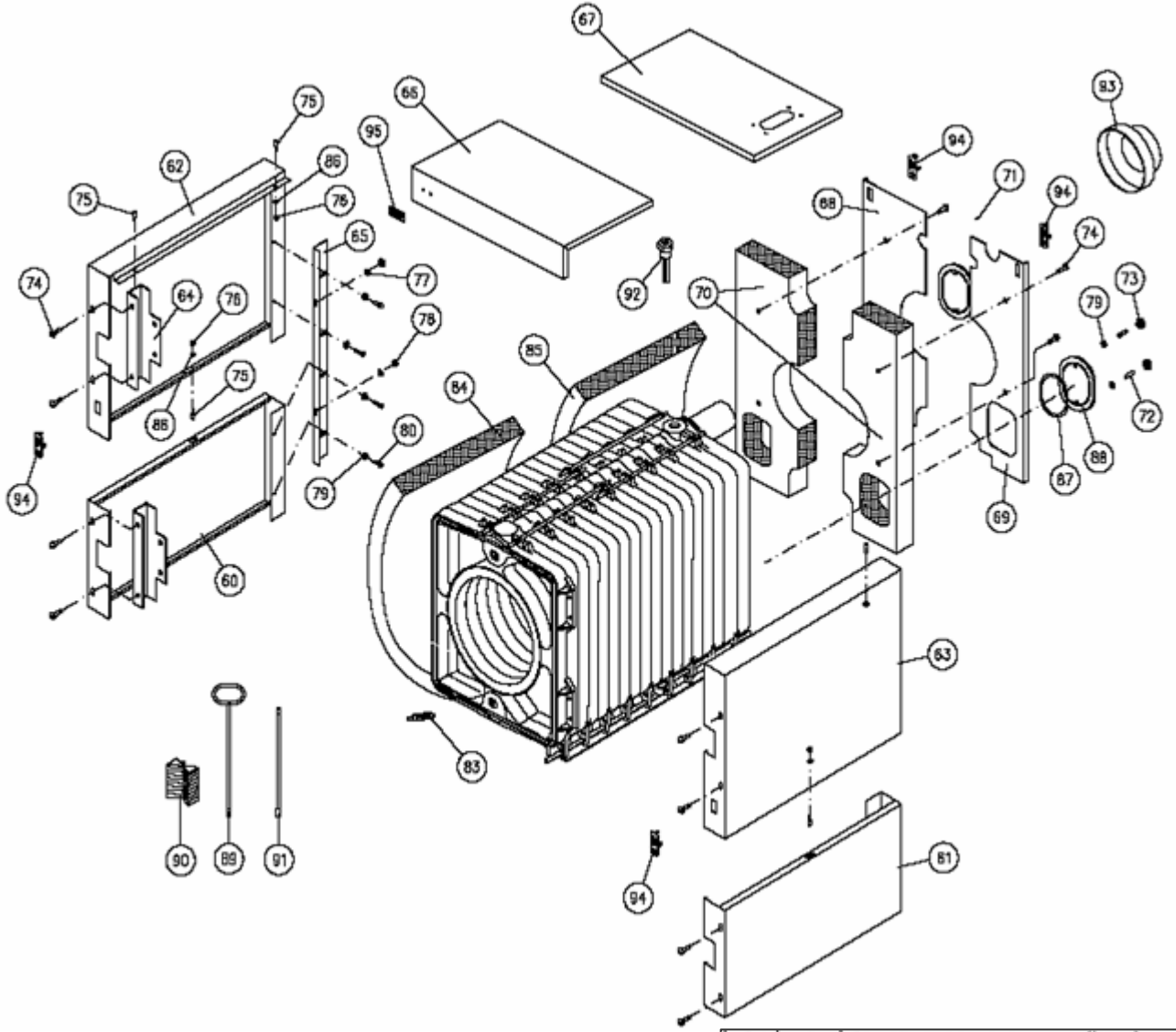
4.2.1 TESTİ YAPILAN DÖKÜM KAZANIN DETAY RESİMLERİ



Şekil 39. Test Edilecek Kazanın Montaj Resmi

33	2	Yardımcı boru R1 1/2"
32	4/B	Şasi
31	1	Deve boynu izolasyonu
30	1	Deve boynu R1 1/2"
29a	4	3.geçiş geciktiricisi MK14-20
29	4	3.geçiş geciktiricisi MK11-13
28	4	3.geçiş geciktiricisi MK8-10
27	1	Su dağıtım borusu 16-20
26a	4	2.geçiş geciktiricisi MK13-20
26	4	2.geçiş geciktiricisi MK10-12
25	4	2.geçiş geciktiricisi MK8-9
24	1	Yanma odası izolasyonu
23	20	A.K.Somun M12 TS 1026/1
22	4	M12x45 saplama
21	1	Yanma odası refrakteri
20	1	Yanma odası kapama parçası
19	2	2" kör tapa
18	8	A.K.Somun M16 TS 1026/1
17	8	M16x65 saplama
16	1	Dumanlık
15	1	Tapa 40 (B)
14	1	Su dağıtım borusu 7-15
13		
12	8	M12x60 saplama
11	2	Flanşlı su giriş/donuş borusu
10	3	Flanş contası ø162/114x2
9	16/40	A.K.Somun M16 TS 1026/1
8	16/40	Randela B17 TS 79/2
7	4/16	Çektirme çubuğu M16x610
6	8/12	Çektirme çubuğu M16x480
5		ø 12 Camelyaf fitil
4	14/38	Nipel
3	6/18	Ara dilim
2	1	Ön dilim
1	1	Arka dilim
No	Adet	Parça Adı

59	4	Rondela A13 TS 79/2
58	4	A.K.B. Cıvata M16x45 TS 1021/1
57	4	Randela 40x17x3
56	2	A.K.Somun M20 TS 1026/1
55b	1	Kapı ayar cıvatası
55a	2	Menteşe mili
54	8	H.B.Cıvata M12x50 TS 1023/8
53	4	Menteşe
52	4	İmbus Cıvata M12x30
51	1	Brölör plakası
50		Cam elyaf örgülü fitil ø9
49	1	Brölör plakası izolasyonu
48		Cam elyaf örgülü kare fitil 16x16
47	4	A.K.B.Cıvata M10x90 TS1021/1
46	4	Randela A10.5 TS 79/6
45	1	Brölör kapısı refrakteri
44	1	Brölör kapısı izolasyonu
43	1	Brölör kapısı
42	1	R 1/4" Tapa
41	2	Conta ø38/31x2
40	1	Gözetleme camı ø38x3
39	1	Gözetleme camı tespit somunu
38	1	Vidalı pim M4x6 TS 1024/6
37	1	Gözetleme borusu (komple)
36	2	Kauçuk köpak birleştirme izolasyonu
35	2/4	Yardımcı boru izolasyonu
34	1	Somunlu bağlama rakoru R1 1/2"
No	Adet	Parça Adı



Şekil 40. Test Edilecek Kazanın
Sac Aksamı Montaj Patlamış
Resmi

94	4	Plastik kablo tutucusu (lthal)
93	1	Baca adaptörü
92	1	Duyar uç muhafazası
91	2	Tem. fırçası uzantısı
90	1	Temizleme fırçası
89	1	Tem. fırçası tutamağı
88	2	Temizleme kapağı
87		Cam elyaf örgüla fitil $\varnothing 9$
86	6	Rondela A4,3 tırtıllı
85	1	Gövde arka izolasyonu
84	1	Gövde ön izolasyonu
83	4/8	İzolasyon çekme yayı
82		
80	8	A.K.B.Cıvata M8x12 TS 1021/1
79	8	Rondela A9 TS 79/2
78	4	A.K.Somun M12 TS 1026/1
77	4	Rondela A13
76	6	A.K.Somun M4 TS 1026/1
75	6	Özel faturalı merkezleme pimi
74	12	Özel sac montaj cıvatası M8x20
73	4	A.K.Somun M8 TS 1026/1
72	4	Saplama M8x30
71	3	Sac vidası S4.8x13 TS 432/9
70	1+1	Arka izolasyonlar (Sağ+Sol)
69	1	Arka sac - 2
68	1	Arka sac - 1
67	1	Üst arka sac
66	1	Üst ön sac
65	1+1	Arka bağlantı köşebentli (Sağ+Sol)
64	4	Ön bağlantı profili
63	1	Yan Üst sac (Sol)
62	1	Yan Üst sac (Sağ)
61	1	Yan Alt sac (Sol)
60	1	Yan Alt sac (Sağ)
No	Adet	Parça Adı

4.2.2 KAZAN TESTLERİ

Kazanımızın testleri TSE EN 303-2 standardına göre yapılmıştır. Sıvı yakıt ve doğalgaz kazanlarında, kazan kapasitesi, kazan yüzeyi (m^2) olarak değil, ısı kapasite olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda kazan kapasitesi Q_K olacaktır.

$$Q_K = Q_h \times (1 + Z_R)$$

Bu ifadedeki sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir:

Q_K : Kazan kapasitesi (W),

Q_h : Kazan ısı yükü (W),

Z_R : Kazan ısı yükü artırım katsayısı,

Z_R katsayısı için üç durum tanımlanmıştır:

1. Ana dağıtma ve toplama boruları yalıtılmış, sıcak hacimlerden geçiyor ve kolonlar duvarın iç yüzeylerinde bulunuyorsa $Z_R = 0,05$ alınır.
2. Ana dağıtma ve toplama boruları yalıtılmış, ısıtılmayan hacimlerden geçiyor ve kolonlar duvarın iç yüzeylerinde bulunuyorsa $Z_R = 0,10$ alınır.
3. Ana dağıtma ve toplama boruları yalıtılmış, ısıtılmayan hacimlerden veya kanallardan; kolonlar ise tesisat bacalarından geçiyorsa $Z_R = 0,15$ alınır.

Kömürlü tip kazanlarda genellikle kazan kapasitesi, ısıtma yüzeyi ile tanımlanmaktadır. Kazan kapasitesi (ısıtma yüzeyi) ısı hesabı sonucu bulunan Q_h ısı kaybı değeri esas alınarak yapılır (DIN 4701'e göre). Tek kazan kullanımı

$$A_K = \frac{Q_h}{K_K} \times (1 + Z_R)$$

durumunda kazan yüzeyi hesabında şu formül kullanılır:

Bu denklemdeki sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir:

A_K : Kazanın metrekare cinsinden alanı (m^2),

K_K : Kazanın birim ısıtma yüzeyine düşen ısı gücü (W/m^2),

K_K değeri için;

- Sıvı yakıt kullanılması durumunda, 90/70'lik sıcak su kazanı için $K_K = 9.300 W/m^2$

- Linyit kullanılması durumunda, 90/70 lik sıcak su kazanı için
 $K_K = 7.000 \text{ W/m}^2$

değerleri verilmektedir.

Hesap sonucu kazan ısıtma yüzeyi kesirli çıkarsa bir üst tam sayıya yükseltilir.

Kazan testinde kullanılan ifadeler ve formüller:

Primer_1.kademe: İki kademeli brülörün 1.kademesinde hava ayarı(%)

Primer_2.kademe: İki kademeli brülörün 2.kademesinde hava ayarı(%)

Bu hava ayarları brülör üzerinden yapılır.

t_0 : Test başlangıç zamanı

t_1 : Testin bitimine kadar geçen süre

M_0 : Başlangıç durumundaki yakıt kütlesi

M_1 : Testin bitiminde kalan yakıt kütlesi

Su debi : Kazandan geçen suyun debisi

Su debi_düz : Kazandan geçen suyun debisinin düzeltilmiş değeri

t_2 : Su debisi tayini için test başlangıç zamanı

t_3 : Su debisi tayini için testin bitimine kadar geçen süre

H_u : Yakıt alt ısı değeri

T_{baca} : Baca gazı sıcaklığı

P_{baca} : Baca çekişi

$P_{\text{yanma odası}}$: Yanma odasına giriş gaz basıncı

Gaz direnci : Duman gazı geçişlerinde oluşturulan direnç

Basınç : Yakıtı (Mazot) pulvarize edebilmek için gerekli püskürtme basıncı

T_{hava} : Ortam havası sıcaklığı

$T_{\text{hava-düz}}$: Ortam havası sıcaklığı düzeltilmiş değeri

V_1-V_0 : Su debisi ölçümü sırasında tesisattan geçen suyun hacmi

Limit : TS EN 303-1/2/3 standardında belirtilen emisyon sınır değerleri

Lambda : Hava fazlalık katsayısı

$T_{\text{gidiş}}$: Tesisata giden suyun sıcaklığı

$T_{\text{dönüş}}$: Tesisattan dönen suyun sıcaklığı

T_{soguk} : Şebeke suyu sıcaklığı

$Q_{\text{alınan}}$: Test sonucu elde edilen ısı yük

Q_{verilen} : Kazana verilen ısı yük

Isıl verim : Test sonucu elde edilen ısı verim

Yanma verimi : Yanma sonucu elde edilen verim

Siemens ölçüm : Siemens ölçüm cihazında ölçülen emisyon değerleri (%)

Spider Ölçüm: Baca gazı sıcaklığının bilgisayar programı yardımı ile ölçülen değeri

Manuel ölçüm : Manuel olarak ölçülen baca gazı sıcaklık değeri

Düzeltilmiş değerler deney tesisatlarında kullanılan ölçüm cihazlarının TSE'de yapılan kalibrasyon testleri doğrultusunda, TSE'nin kullanılmasını öngördüğü değerlerdir. Düzeltilmiş değerleri bulmak için ayrıca hata analizleri, zaman darlığından ötürü yapılamamış, dolayısıyla TSE'nin belirttiği bu değerler verim hesaplarında dikkate alınmıştır.

$$Gazdirenci = P_{\text{yanmaodası}} - P_{\text{baca}}$$

$$Yakitdebisi = \frac{\text{TüketilenYakitMiktari} \times 3600}{\text{ToplamSüre}}$$

$$\text{DüzeltilmişYakitDebisi}(\text{Yakitdebi_düz}) = 0.9949 \times \text{YakitDebisi} + 0.603$$

$$Q_{\text{verilen}} = H_u \times \text{Yakitdebi_düz}$$

$$\text{Sudebisi} = \frac{\text{TestBoyuncaGeçenSuHacmi} \times 3600 \times 1000}{\text{ToplamSüre}}$$

$$\text{Düzeltilmiş Su Debisi} (\text{Su_debi_düz}) = 1.0006 \times \text{SuDebisi} + 6.8465$$

$$T_{\text{gidiş-düz}} = 1.0092 \times T_{\text{gidiş}} - 0.9604$$

$$T_{\text{dönüş-düz}} = 1.0154 \times T_{\text{dönüş}} - 1.1004$$

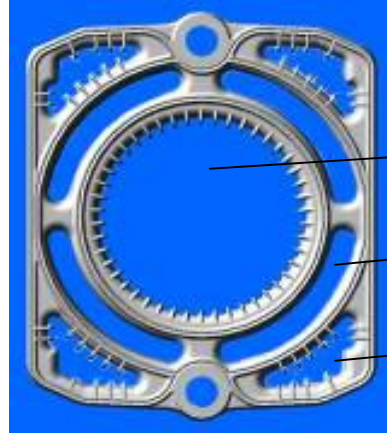
$$T_{\text{soguk-düz}} = 1.035 \times T_{\text{soguk}} - 1.0208$$

$$Q_{\text{alınan}} = \text{SuDebi_düz} \times (T_{\text{gidiş-düz}} - T_{\text{soguk-düz}})$$

$$\text{Yanma Verimi} = 100 - [(0.5/CO_2) + 0.007] \times (T_{\text{baca}} - T_{\text{hava-düz}})$$

$$\text{Isıl Verim} = \frac{Q_{\text{alınan}}}{Q_{\text{verilen}}}$$

$$\text{Hava fazlalık katsayısı} (\text{Lambda}) = 1 + 0.933 \times [O_2 / (20.9 - O_2)]$$



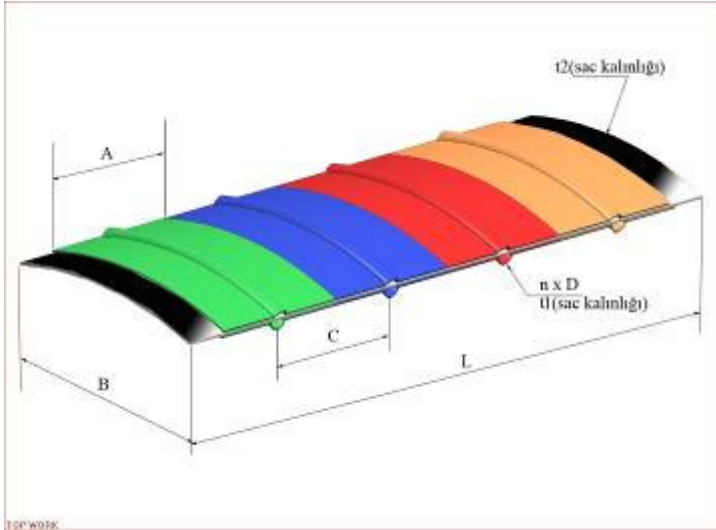
1.Geçiş (cehennemlik)

2. Geçiş

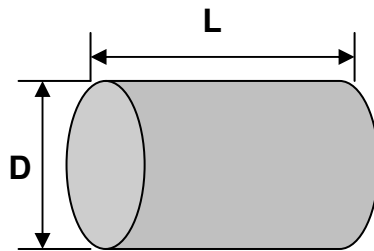
3. Geçiş

Şekil 41. Döküm Kazan Dilimi 3 Geçiş Prensibi

Testlerde kullanılan geciktirici modeller:



Şekil 42. 2. ve/veya 3. Geçişlere Konulan Yay Tipi Geciktirici Model



Şekil 43. Cehennemlikte Kullanılan Kovan Tipi Geciktirici

Malzeme: AISI 304 Paslanmaz çelik

L=150 mm

D=486 mm , Et kalınlığı= 1 mm, Ağırlık: 1,83 kg,

Maliyeti: $3.21YTL/kg \times 1.83kg = 15.02YTL/ A det$

TEST NO: 1

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

Brülör:	Motorin brülörü (237-450 kW)	
Ayarlar:	Primer_1.kademe:	25 %
	Primer_2.kademe:	37 %
	Sekonder:	2 -
	Basıncı:	11 bar
	Pbaca:	-0,05 mbar
	Pyanma odası:	0,6 mbar
	Gaz direnci:	0,65 mbar
	1.Kademe meme:	3.5 gph Steinen 60°
	2.Kademe meme:	4 gph Danfoss 60°SS

Açıklama:

Geciktirici yok.

Brülör hava ayarları yapılmış

Gövde izolasyonu: 80mm cam yünü

Ön ve arka izolasyon: 50 mm cam yünü duvan

Yanma Verimi

Yakıt debi: 28,99450831 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 29,44963632 kg/h
 t0= 0 M0= 63,6 kg
 t1= 10 ' 2 " 183 M1= 58,75 kg

Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 299473,3518 kcal/h
Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 201,4537 °C 206,54 °C
 Thava: 18,9 °C Thava_düz
 CO2: 12,82306667 % 20,83223 °C

Yanma verimi: 91,6928 %

H2O verimi

Su debi: 3898,203623 lt/h
 Su debi_düz: 3907,389045 lt/h
 t2= 0 V0= 400 m³
 t3= 10 ' 3 " 47 V1= 400 m³

Düzeltilmiş
 Tgidiş: 84,2037 °C 84,01797404 °C
 Tdönüş: 64,357 °C 64,2476978 °C
 Tsoguk: 15,6897 °C 15,2180395 °C

Qalınan: 268828,1105 kcal/h
 Qverilen: 299473,3518 kcal/h

Isıl verim: 89,7670%

Siemens Ölçümü

O2:	3,514 %
CO2:	12,82306667 %
CO:	60 ppm
NOx:	81 ppm
NO:	80 ppm
Lambda:	1,188575 %

COdüz:	79,26341073 mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	175,1000801 mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

Yorum 1:

8 Dilime sahip döküm kazanımız belirlenen şartlar altında standartlar gereği ayarları yapılarak ve herhangi bir geciktirici kullanılmadan yakılmıştır.

TEST NO: 2A

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

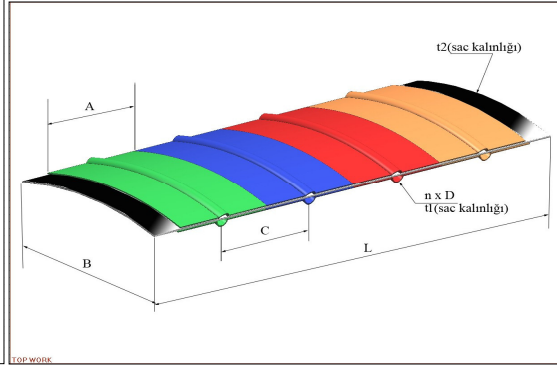
Brülör: Motorin Brülörü (237-450 kW)
 Ayarlar: Primer _1.kademe: 25 %
 Primer _2.kademe: 40 %
 Sekonder: 2 -
 Basınç: 11 bar
 Pbaca: -0,06 mbar
 Pyanma odası: 1,17 mbar
 Gaz direnci: 1,23 mbar
 1.Kademe meme: 3.5 gph Steinen 60°
 2.Kademe meme: 4 gph Danfoss 60°SS

Açıklama:

- 3. Geçişe 4 adet geciktirici kyerleştirildi.

A:93 mm
 B:245 mm(Açınım:247mm)
 C:100 mm
 n: 9 adet x 2 Yüzey
 D:12-13 mm
 t1:0.5 mm
 t2:1.1mm
 L:880 mm

- Gövde izolasyonu 80mm
 Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 29,1356426 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 29,59005083 kg/h
 t0= 0 M0= 25,9 kg
 t1= 14 ' 37 " 276 M1= 18,8 kg
 Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 300901,2268 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbacı: 183,782 °C 188,4 °C
 Thava: 19,29 °C Thava_düz
 CO2: 12,620667 % 21,227573 °C

Yanma verimi: 92,42 %

Siemens Ölçümü

O2: 3,79 %
 CO2: 12,620667 %
 CO: 53 ppm
 NOx: 80 ppm
 NO: 79 ppm
 Lambda: 1,2067 %

H2O verimi

Su debi: 4320,352113 lt/h
 Su debi_düz: 4329,790824 lt/h
 t2= 0 V0= 413,9 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 V1= 414,634 m³
 Düzeltmiş
 Tgidiş: 78,678 °C 78,4414376 °C
 Tdönüş: 59,042 °C 58,8508468 °C
 Tsoguk: 15,818 °C 15,35083 °C

Qalınan: 273.169,13 kcal/h
 Qverilen: 300.901,23 kcal/h

Isıl verim: 90,78%

COdüz:	71,13887275	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	175,7117955	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

TEST NO: 2B

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

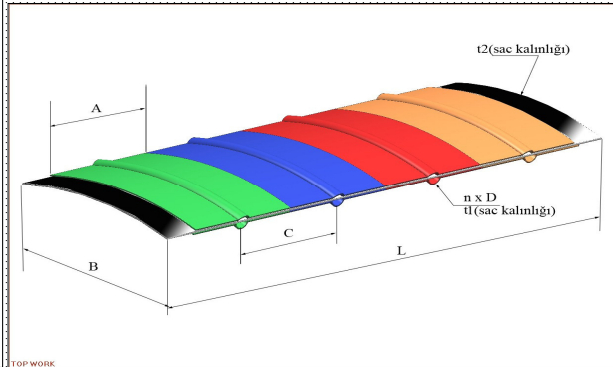
Brülör: Riello RL 38
 Ayarlar: Primer _1.kademe: 25 %
 Primer _2.kademe: 40 %
 Sekonder: 2 -
 Basınç: 11 bar
 Pbacı: -0,06 mbar
 Pyanma odası: 1,17 mbar
 Gaz direnci: 1,23 mbar
 1.Kademe meme: 3.5 gph Steinen 60°
 2.Kademe meme: 4 gph Danfoss 60°SS

Açıklama:

- 3. Geçişe 4 adet geciktirici yerleştirildi.

A:93 mm
 B:245 mm(Açınım:247mm)
 C:100 mm
 n: 9 adet x 2 Yüzey
 D:12-13 mm
 t1:0.5 mm
 t2:1.1mm
 L:880 mm

- Gövde izolasyonu 80mm
 Ön ve arka izolasyonu 80mm

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 28,53348787 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 28,99096708 kg/h
 t₀= 0 M1= 29,9 kg
 t₁= 6 ' 24 " 811 M2= 26,85 kg
 Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 294809,1442 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbacı: 182,296 °C 188,4 °C
 Thava: 21,027 °C Thava_düz
 CO2: 12,305333 % 22,9883699 °C

Yanma verimi: 92,4117 %

Siemens Ölçümü

O2: 4,22 %
 CO2: 12,305333 %
 CO: 35 ppm
 NOx: 80 ppm
 NO: 77 ppm
 Lambda: 1,236 %

H2O verimi

Su debi: 4313,3778 lt/h
 Su debi_düz: 4322,812327 lt/h
 t₂= 0 V0= 413,9 m³
 t₃= 10 ' 13 " 55 V1= 414,634 m³
 Düzeltilmiş
 Tgidiş: 77,908 °C 77,6643536 °C
 Tdönüş: 58,456 °C 58,2558224 °C
 Tsoguk: 15,966 °C 15,50401 °C

Qalınan: 268707,4995 kcal/h
 Qverilen: 294809,1442 kcal/h

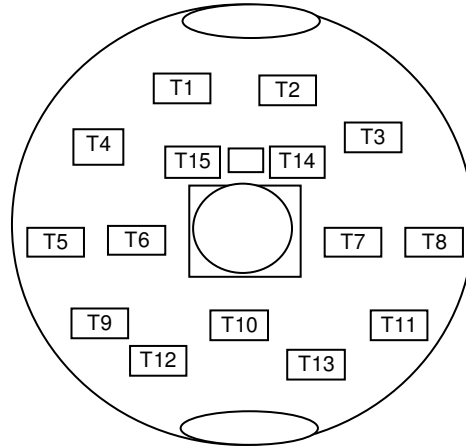
Isıl verim: 91,1463%

COdüz:	48,18236	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	180,214541	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

Yorum 2 :

2A no'lu testte, 1 no'lu teste göre özel geciktirici kullanımının verime etkisi incelenmiştir. Yanma verimi, kazan ısıl verim değerleri ve hava fazlalık katsayısı değerleri geciktirici kullanımına bağlı olarak yükselmiştir. Emisyonlarda iyileşme elde edilmiştir. Baca gazı sıcaklığında %8.7 oranında düşüş sağlanmış ve gaz yollarındaki dirençler artırılarak 0.65 mbar'dan 1.23 mbar'a yükseltilmiştir. Bu da duman gazlarının ısını kazana aktarma süresini artırmış dolayısıyla da verim artışını olumlu yönde etkilemiştir.

2B no'lu testte 2A'ya göre oksijen miktarı ve hava fazlalık katsayısının artırılmasına bağlı olarak yanma veriminde artış elde edilmiş daha düzgün bir yanma sağlanmıştır. Ancak kazan ısıl veriminde bir miktar düşüş gözlenmiştir.

TEST NO:2**BRÜLÖR KAPISI SICAKLIK ÖLÇÜMÜ**

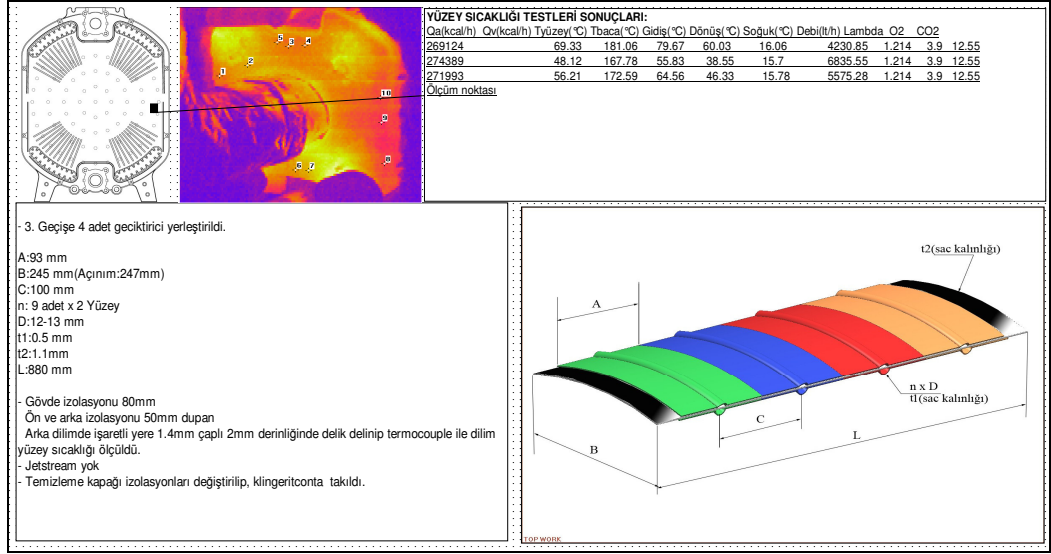
	Sıcaklık(°C)
T 1	75,9
T 2	73,6
T 3	60,2
T 4	64,1
T 5	51,7
T 6	61,9
T 7	ÖLÇÜLMEDİ
T 8	ÖLÇÜLMEDİ
T 9	51,8
T 10	ÖLÇÜLMEDİ
T 11	ÖLÇÜLMEDİ
T 12	60,4
T 13	76,3
T 14	87,9

Şekil 44. Termal Kamera ile 2 No'lu Test Brülör Kapısı Sıcaklık Ölçümü Değerleri.

TEST NO: 3

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

Brülör: Motorin Brülörü
 Ayarlar: Primer_1.kademe: 25 %
 Primer_2.kademe: 38 %
 Sekonder: 2 -
 Basınç: 11 bar
 PBaca: -0,08 mbar
 Pyanma odası: 1,12 mbar
 Gaz direnci: 1,2 mbar
 1.Kademe meme: 3.5 gph Steinen 60°
 2.Kademe meme: 4 gph Danfoss 60°SS

Açıklama:**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 28,96770119 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 29,42296591 kg/h
 t0= 0 M0= 29,85 kg
 t1= 9 ' 37 " 885 M1= 25,2 kg

Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 299202,1403 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 181,06 °C 188,4 °C
 Thava: 19,728 °C Thava_düz
 CO₂: 12,54 % 21,671574 °C

Yanma verimi: 92,5291 %

Siemens Ölçümü

O ₂ :	3,9 %
CO ₂ :	12,54 %
CO:	70 ppm
NO _x :	78 ppm
NO:	76 ppm
Lambda:	1,214 %

H2O verimi

Su debi: 4230,85 lt/h
 Su debi_düz: 4240,23501 lt/h
 t2= 0 V0=413,9 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 V1=414,634 m³

Düzeltilmiş
 Tgidiş: 79,676 °C 79,4486192 °C
 Tdönüş: 60,031 °C 59,8550774 °C
 Tsoğuk: 16,066 °C 15,60751 °C

Qalınan: 270701,3 kcal/h
 Qverilen: 299202,1 kcal/h
 Isıl verim: 90,4744%

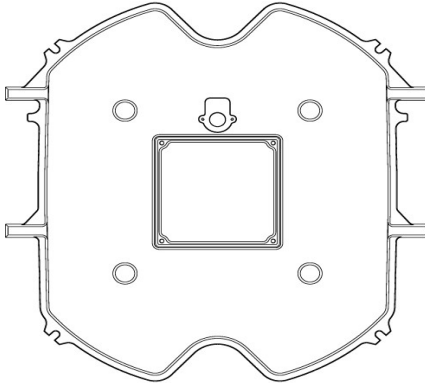
COdüz:	94,56140351	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	172,4210526	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

Yorum 3 :

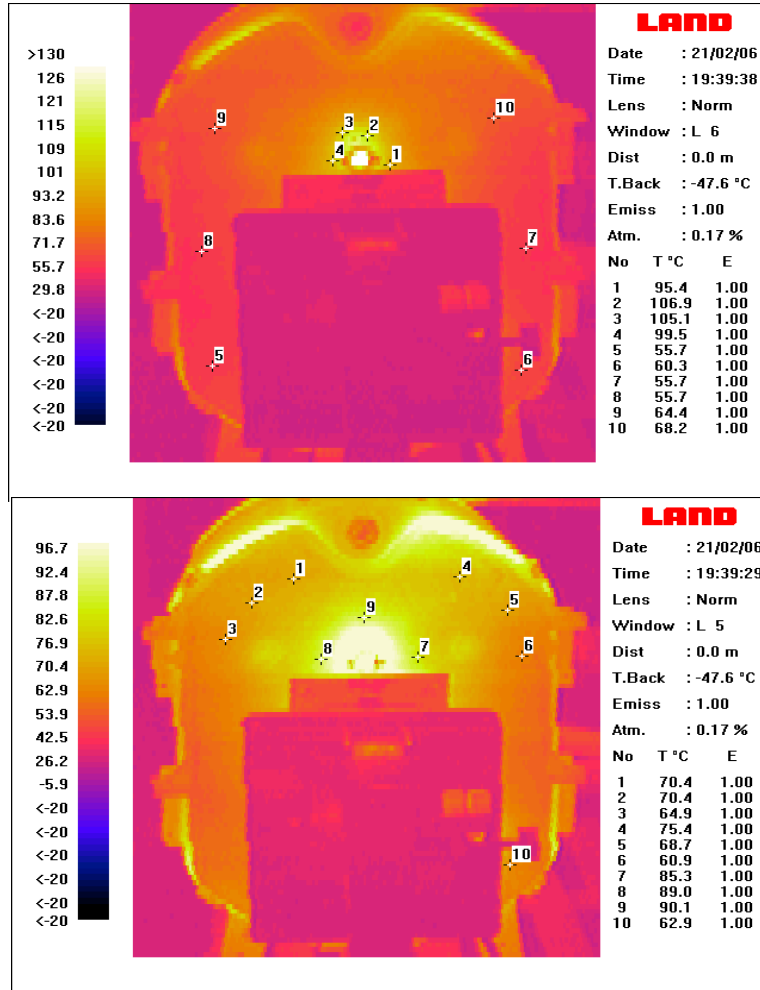
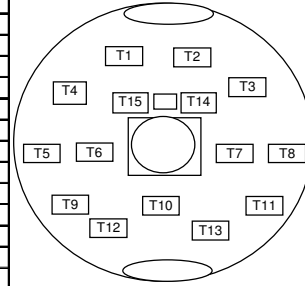
Oksijen oranı artırılarak hava fazlalık katsayısının artırılması sağlanmış ve yanma veriminde bir miktar artış sağlanmıştır. Alınan güç miktarı 2B no'lu teste göre artırılmış ancak gücün artırılmasına bağlı olarak elde edilen kazan ısı veriminde bir miktar düşüş gözlenmiştir.

TEST NO: 3

BRÜLÖR KAPISI SICAKLIK ÖLÇÜMÜ



	Sıcaklık(°C)
T 1	75,9
T 2	73,6
T 3	60,2
T 4	64,1
T 5	51,7
T 6	61,9
T 7	ÖLÇÜLMEDİ
T 8	ÖLÇÜLMEDİ
T 9	51,8
T 10	ÖLÇÜLMEDİ
T 11	ÖLÇÜLMEDİ
T 12	60,4
T 13	76,3
T 14	87,9
T 15	89,7

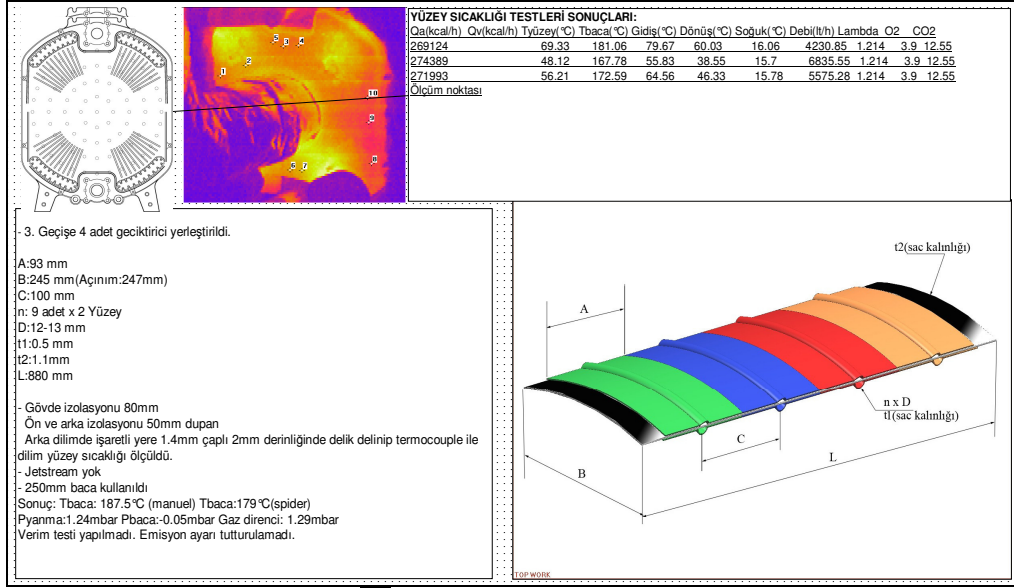


Şekil 45. Termal Kamera ile 3 No'lu Test Brülör Kapısı Sıcaklık Ölçümü Değerleri

TEST NO: 4A

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

Brülör: Motorin Brülörü
 Ayarlar: Primer_1.kademe: 25 %
 Primer_2.kademe: 38 %
 Sekonder: 2 -
 Basınç: 11 bar
 Pbaca: -0,08 mbar
 Pyanma odası: 1,12 mbar
 Gaz direnci: 1,2 mbar
 1.Kademe meme: 3.5 gph Steinen 60°
 2.Kademe meme: 4 gph Danfoss 60°SS

Açıklama:**Yanma Verimi**

Yakıt debi: kg/h
 Yakıtdebi_düz: 0,603 kg/h
 t0= 0 M0= 29,85 kg
 t1= 9 ' 37 " 885 M1= 25,2 kg

Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 6131,907 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 181,06 °C 188,4 °C
 Thava: 19,728 °C Thava_düz
 CO2: 12,54 % 21,6715736 °C

Yanma verimi: 92,5291 %

Siemens Ölçümü

O2:	3,9	%
CO2:	12,54	%
CO:	70	ppm
NOx:	78	ppm
NO:	76	ppm
Lambda:	1,214	%

H2O verimi

Su debi: 0 lt/h
 Su debi_düz: 6,8 lt/h
 t2= 0 V0=413,9 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 V1=414,634 m³

Düzeltilmiş
 Tgidis: 79,676 °C 79,4486192 °C
 Tdönüş: 60,031 °C 59,8550774 °C
 Tsoguk: 16,066 °C 15,60751 °C

Qalınan: 0 kcal/h
 Qverilen: 0 kcal/h
 Isıl verim: 0%

COdüz:	94,5614035	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	172,421053	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

TEST NO: 4B

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

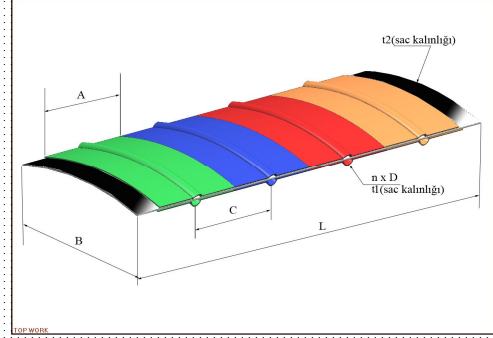
Brülör: Motorin Brülörü
 Ayarlar: Primer _1.kademe: 25 %
 Primer _2.kademe: 37 %
 Sekonder: 2 -
 Basınç: 11 bar
 Pbaca: -0,02 mbar
 Pyanma odası: 1,09 mbar
 Gaz direnci: 1,11 mbar
 1.Kademe meme: 3.5 gph Steinen 60°
 2.Kademe meme: 4 gph Danfoss 60°SS

Açıklama:

- 3. Geçişe 4 adet geciktirici yerleştirildi.

A:72 mm
 B:245 mm(Açınım:247mm)
 C:72 mm
 n: 12 adet x 2 Yüzey
 D:9-10 mm
 t1:0.5 mm
 t2:1.1mm
 L:880 mm

- Gövde izolasyonu 80mm
 Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
 Arka dilimde işaretli yere 1.4mm çaplı 2mm derinliğinde delik delinip termocouple ile dilim yüzey sıcaklığı ölçüldü.
 - Jetstream yok
 - 300mm baca kullanıldı

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 28,81946915 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 29,27548986 kg/h
 t0= 0 M0= 48,15 kg
 t1= 17 ' 48 " 28 M1= 39,6 kg
 Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 297702,4564 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 185,284 °C 188,4 °C
 Thava: 17,7 °C Thava_düz
 CO2: 12,569333 % 19,61579 °C

Yanma verimi: 92,2501 %

Siemens Ölçümü

O2: 3,86 %
 CO2: 12,569333 %
 CO: 70 ppm
 NOx: 74 ppm
 NO: 73 ppm
 Lambda: 1,2113 %

H2O verimi

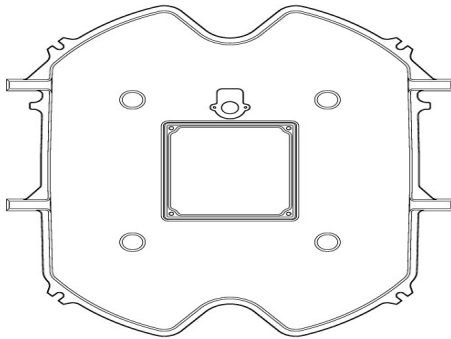
Su debi: 4269,5362 lt/h
 Su debi_düz: 4278,944422 lt/h
 t2= 0 V0= 413,9 m³
 t3 10 ' 13 " 55 V1= 414,634 m³
 Düzeltilmiş
 Tgidiş: 79,045 °C 78,811814 °C
 Tdönüş: 59,459 °C 59,2742686 °C
 Tsoguk: 16,035 °C 15,575425 °C
 Qalınan: 270584,994 kcal/h
 Qverilen: 297702,4564 kcal/h
 Isıl verim: 90,8911 %

COdüz:	94,3407235	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	163,1972	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

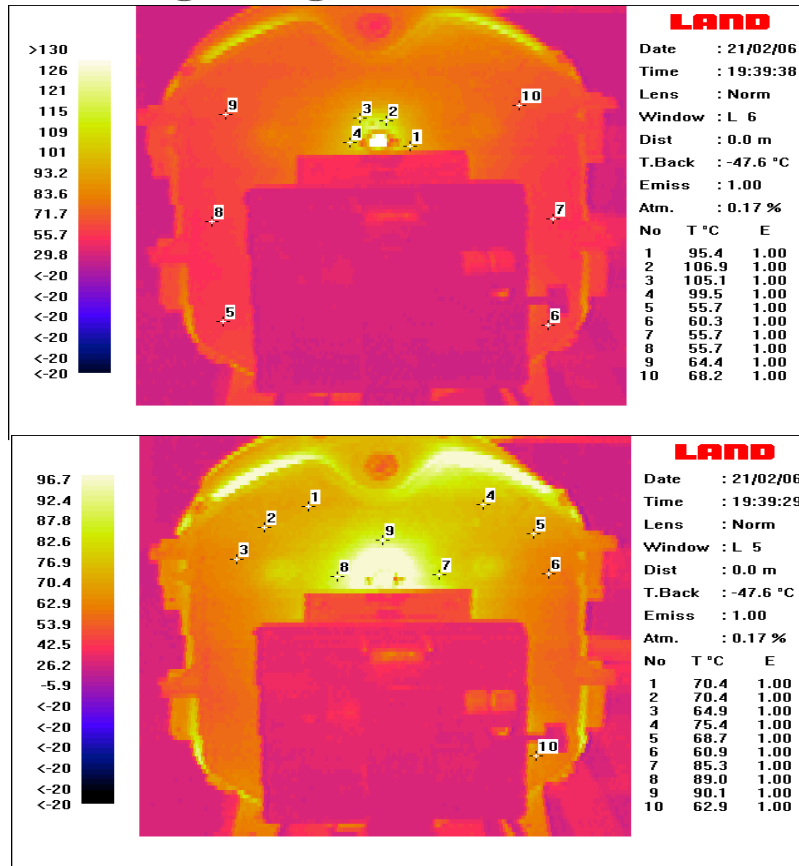
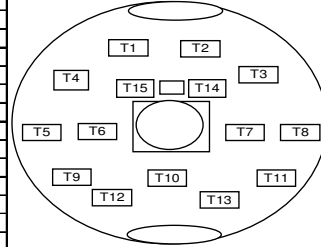
Yorum 4:

4A no'lu testimizde 250 mm baca kullanılmıştır. 187,5⁰C baca gazı sıcaklığı gözlenmiştir. Hava ayarları tam yapılamadığı için verim testi yapılamamış ve emisyon ayarları tutturulamamıştır.

4B no'lu testimizde 300 mm baca ve n=12 olan uzun geciktirici kullanılmıştır. Atık gaz çekişinde artış sağlanmıştır. 3 no'lu teste göre hava fazlalık katsayısı azaltılmış ve CO2 miktarında artış gözlenmiştir. Kazan ısı verimi artarken yanma bozulmuş ve yanma veriminde düşüş gözlenmiştir.

TEST NO:4**BRÜLÖR KAPISI SICAKLIK ÖLÇÜMÜ**

	Sıcaklık(°C)
T1	75,9
T2	73,6
T3	60,2
T4	64,1
T5	51,7
T6	61,9
T7	ÖLÇÜLMEDİ
T8	ÖLÇÜLMEDİ
T9	51,8
T10	ÖLÇÜLMEDİ
T11	ÖLÇÜLMEDİ
T12	60,4
T13	76,3
T14	87,9
T15	89,7



Şekil 46. Termal kamera ile 4 no'lu test brülör kapısı sıcaklık ölçümü değerleri

TEST NO: 5

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

Brülör: Motorin Brülörü (237-450 kW)
 Ayarlar: Primer_1.kademe: 25 %
 Primer_2.kademe: 37 %
 Sekonder: 3,1 -
 Basınç: 11 bar
 Pbaca: -0,07 mbar
 Pyanma odası: 1,22 mbar
 Gaz direnci: 1,29 mbar
 1.Kademe meme: 3.5 gph Steinen 60°
 2.Kademe meme: 4 gph Danfoss 60°SS

Açıklama:

- 3. Geçişe 4 adet geciktirici yerleştirildi.

İlk 4 geciktirici federi için:

A:100 mm

B:245 mm(Açınım:247mm)

C:100 mm

n: 4 adet x 2 Yüzey

Son 10 geciktirici federi için:

A:52 mm

B:245 mm(Açınım:247mm)

C:52 mm

n: 10 adet x 2 Yüzey

D:9-10 mm

t1:0.5 mm

t2:1.1mm

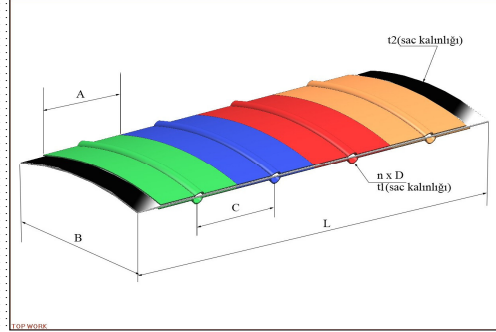
L:880 mm

- Gövde izolasyonu 80mm

Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan

- Jetstream yok

- 300mm baca kullanıldı

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 28,90584871 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 29,36142888 kg/h
 t0= 0 M0= 8,45 kg
 t1= 14 ' 38 " 23 M1= 1,4 kg

Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 298576,3703 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 185,476 °C 191,8 °C
 Thava: 18,13 °C Thava_düz
 CO2: 12,400667 % 20,051681 °C

Yanma verimi: 92,1721 %

Siemens Ölçümü

O2: 4,09 %
 CO2: 12,400667 %
 CO: 95 ppm
 NOx: 75 ppm
 NO: 72 ppm
 Lambda: 1,227 %

H2O verimi

Su debi: 4296,48 lt/h
 Su debi_düz: 4305,904388 lt/h
 t2= 0 V0= 413,9 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 V1= 414,634 m³

Düzeltilmiş
 Tgidiş: 78,585 °C 78,347582 °C
 Tdönüş: 58,981 °C 58,7889074 °C
 Tsoguk: 16,048 °C 15,58888 °C

Otomatik Debi Ölçümlü

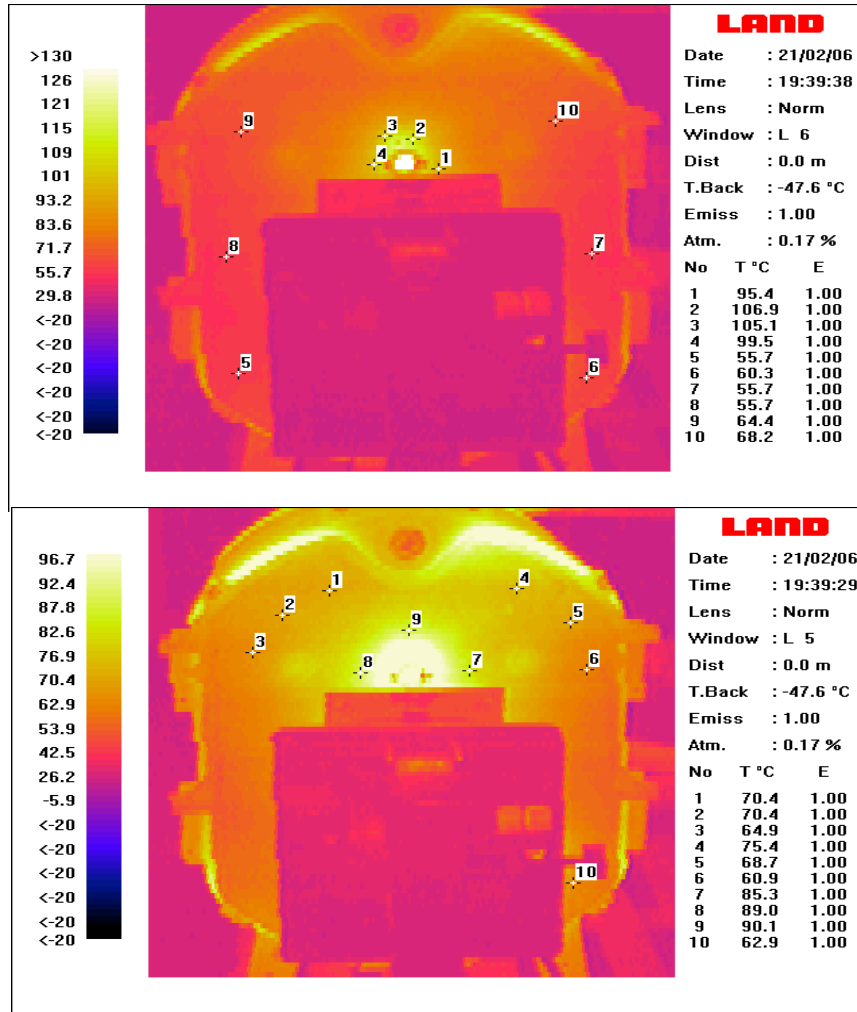
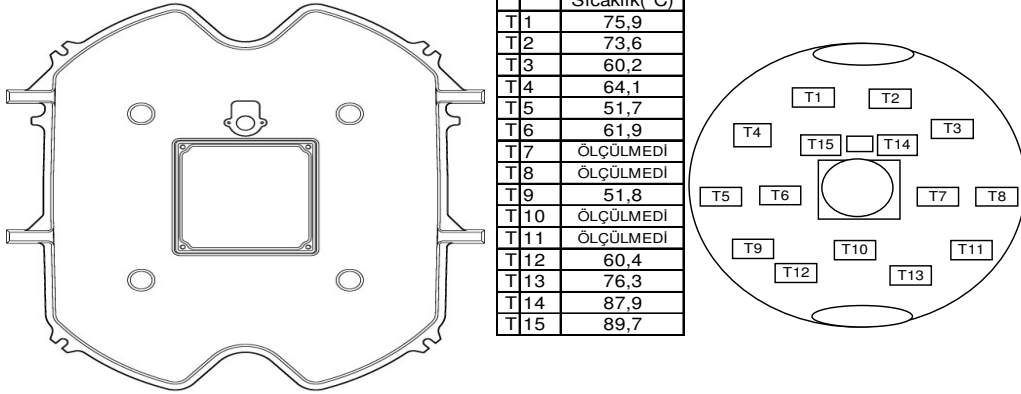
Qalınan: 270232,9703 kcal/h
 Qverilen: 298576,3703 kcal/h

Isıl verim: 90,5072% %

COdüz:	129,775281	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	167,652277	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

Yorum 5:

5 no'lu testte geciktirici federleri ölçüleri değiştirilmiştir. Geciktirici uzatılarak ısı verimindeki değişiklik gözlenmeye çalışılmıştır.CO₂ miktarı düşerken 4B'ye göre alınan güç ve verim de düşmüştür.

TEST NO:5**BRÜLÖR KAPISI SICAKLIK ÖLÇÜMÜ**

Şekil 47. Termal kamera ile 5 no'lu test brülör kapısı sıcaklık ölçümü değerleri

TEST NO: 6

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

Brülör:	Motorin Brülörü (237-450 kW)		
Ayarlar:	Primer_1.kademe:	25	%
	Primer_2.kademe:	37	%
	Sekonder:	3,1	-
	Basınç:	14	bar
	Pbaca:	-0,07	mbar
	Pyanma odası:	1,22	mbar
	Gaz direnci:	1,29	mbar
	1.Kademe meme:	3 gph Danfoss 60 °S	
	2.Kademe meme:	3.5 gph Danfoss 60 °S	

Açıklama:

3. Geçişe 4 adet geciktirici yerleştirildi.

İlk 10 geciktirici federi için:

A:52 mm
 B:245 mm(Açınım:247mm)
 C:52 mm

n: 10 adet x 2 Yüzey

Son 4 geciktirici federi için:

A:100 mm
 B:245 mm(Açınım:247mm)
 C:100 mm

n: 4 adet x 2 Yüzey

D:9-10 mm

t1:0.5 mm

t2:1.1mm

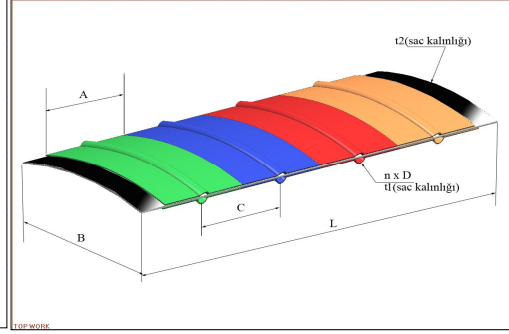
L:880 mm

- Gövde izolasyonu 80mm
 - Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
 - Jetstream yok
 - 300mm baca kullanıldı

Test tamamlanmadı.

Baca gazı sıcaklığı 183 °C bulundu. Yalnızca geciktiricinin sık federi olan kısmını kazanın arka tarafından ön tarafına aldık.Bu durumda O2 geciktiricinin ilk konumunda ölçülen değer ile aynı, ancak CO nun aşırı yükseldiği görüldü. (O2:3.93 CO:345ppm)

Deney durduruldu.

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 27,79097387 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 28,2522399 kg/h
 t0= 0 M0= 20,5 kg
 t1= 2 ' 48 " 400 M1= 19,2 kg
 Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 287297,0276 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 185,476 °C 191,8 °C
 Thava: 18,13 °C Thava_düz
 CO2: 12,400667 % 20,051681 °C

Yanma verimi: 92,1721 %

Siemens Ölçümü

O2: 4,09 %
 CO2: 12,400667 %
 CO: 95 ppm
 NOx: 75 ppm
 NO: 72 ppm
 Lambda: 1,227 %

H2O verimi Bilgisayar Ölçüm

Su debi: 0 lt/h
 Su debi_düz: 6,8465 lt/h
 t2= 0 V0= 413,9 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 V1= 414,634 m³

Düzeltilmiş

Tgidiş: 78,585 °C 78,347582 °C
 Tdönüş: 58,981 °C 58,7889074 °C
 Tsoguk: 16,048 °C 15,58888 °C

Otomatik Debi Ölçümü

Qalınan: 0 kcal/h
 Qverilen: 0 kcal/h
 Isıl verim: 0,00%

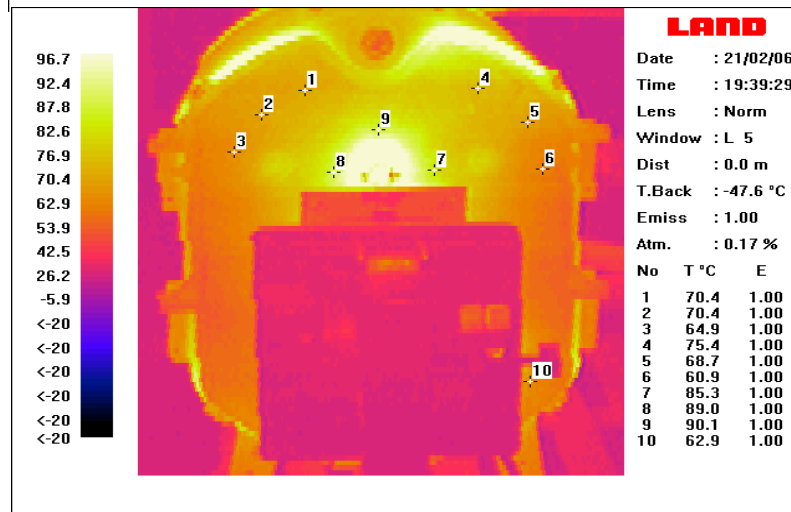
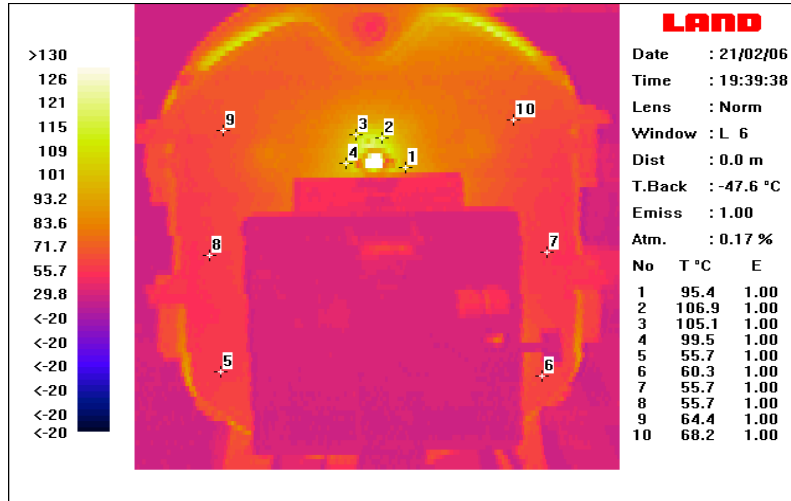
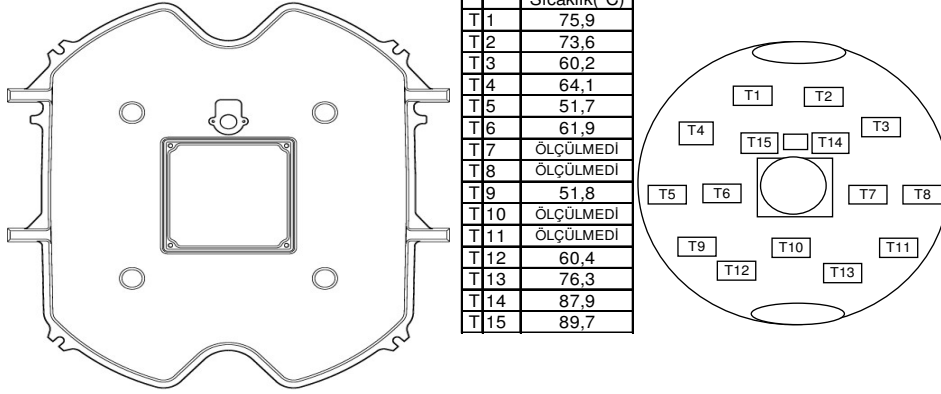
COdüz:	129,775281	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	167,652277	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

Yorum 6:

6 no'lu testte 5'e göre geciktirici yönü değiştirilmiştir. CO değerinin aşırı yükseldiği görülmüştür. Test durdurulmuştur.

TEST NO:6

BRÜLÖR KAPISI SICAKLIK ÖLÇÜMÜ



Şekil 48. Termal kamera ile 6 no'lu test brülör kapısı sıcaklık ölçümü değerleri

TEST NO: 7

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

Brülör:	Motorin Brülörü (237-450 kW)		
Ayarlar:	Primer_1.kademe:	25	%
	Primer_2.kademe:	65	%
	Sekonder:	2,2	-
	Basınc:	16	bar
	Pbaca:	-0,02	mbar
	Pyanma odası:	1,61	mbar
	Gaz direnci:	1,63	mbar
	1.Kademe meme:	3 gph Danfoss 60 °S	
	2.Kademe meme:	3.5 gph Danfoss 60 °S	

Açıklama:

- 3. Geçişe 4 adet geciktirici yerleştirildi.

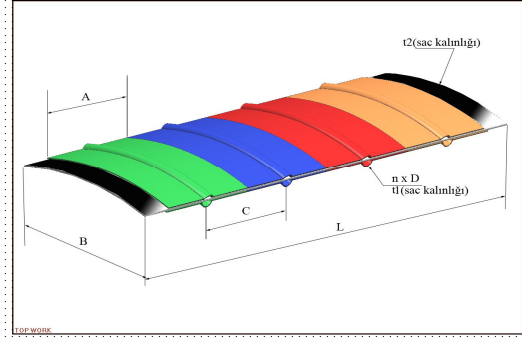
İlk 10 geciktirici fedi için:

A:52 mm
 B:245 mm(Açınım:247mm)
 C:52 mm
 n: 10 adet x 2 Yüzey
Son 4 geciktirici fedi için:

A:100 mm
 B:245 mm(Açınım:247mm)
 C:100 mm
 n: 4 adet x 2 Yüzey

- 2. Geçişe 4 adet geciktirici yerleştirildi.

A:72 mm
 B:245 mm(Açınım:247mm)
 C:72 mm
 n: 12 adet x 2 Yüzey
 D:9-10 mm
 t1:0.5 mm
 t2:1.1mm
 L:830 mm
 - Gövde izolasyonu 80mm
 - Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
 - Jetstream yok
 - 300mm baca kullanıldı

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 28,99981176 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 29,45491272 kg/h
 t0= 0 M0= 30,85 kg
 t1= 9 ' 49 " 659 M1= 26,1 kg

Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 299527,0074 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 160 °C 165 °C
 Thava: 22,53 °C Thava_düz
 CO2: 13,478667 % 24,511961 °C

Yanma verimi: 94,0256 %

Siemens Ölçümü

O2:	2,62	%
CO2:	13,478667	%
CO:	23	ppm
NOx:	95	ppm
NO:	92	ppm
Lambda:	1,1337	%

H2O verimi

Su debi: 0 lt/h 4251,468 lt/h
 Su debi_düz: 6,8465 lt/h 4260,865381 lt/h
 T0= 0 V0= 0 m³
 T1= 10 ' 13 " 55 V1= 0 m³

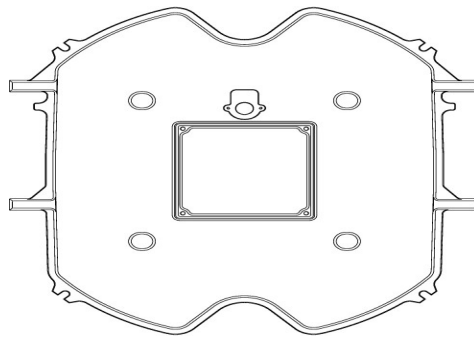
Düzeltilmiş
 Tgidiş: 80,611 °C 80,3922212 °C
 Tdönüş: 60,726 °C 60,5607804 °C
 Tsoğuk: 16,228 °C 15,77518 °C

Qalınan: 275324,5139 kcal/h
 Qverilen: 299527,0074 kcal/h
 Isıl verim: 91,9198% %

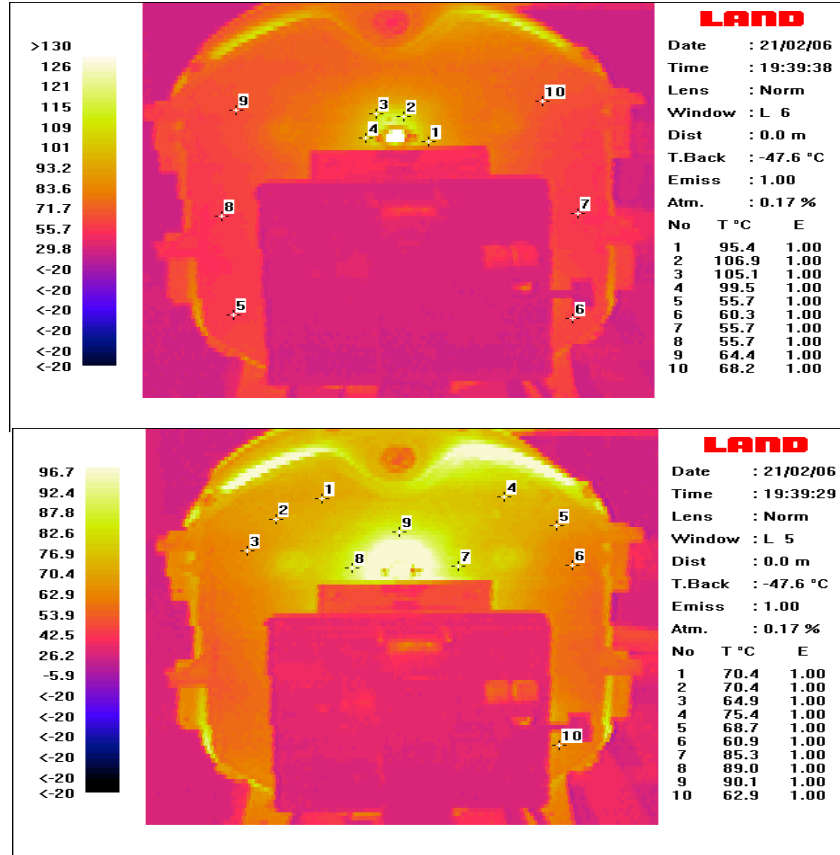
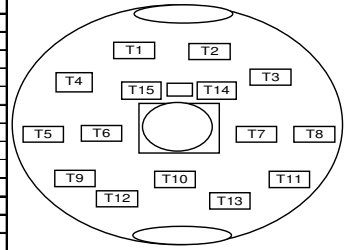
COdüz:	28,90642	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	195,375408	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

Yorum 7:

7 no'lu testte ise üçüncü geçişin yanında 2. geçişlere de yay tipi özel levha geciktiricilerimiz yerleştirilmiştir. Bu sayede gaz yollarındaki direnç 1.63 mbar seviyesine çıkartılmıştır. Baca gazı sıcaklığı ise yapılan tüm testler içerisinde en düşük seviye olan 160°C seviyesine çekilebilmiştir. Bu sayede kazan ısı verimi %91.92 ile elde edilen en yüksek seviyesine dayanırken, yanma verimi de %94.03 seviyesine yükselmiştir.

TEST NO:7**BRÜLÖR KAPISI SICAKLIK ÖLÇÜMÜ**

	Sıcaklık(°C)
T 1	75,9
T 2	73,6
T 3	60,2
T 4	64,1
T 5	51,7
T 6	61,9
T 7	ÖLÇÜLMEDİ
T 8	ÖLÇÜLMEDİ
T 9	51,8
T 10	ÖLÇÜLMEDİ
T 11	ÖLÇÜLMEDİ
T 12	60,4
T 13	76,3
T 14	87,9
T 15	89,7



Şekil 49. Termal kamera ile 7 no'lu test brülör kapısı sıcaklık ölçümü değerleri

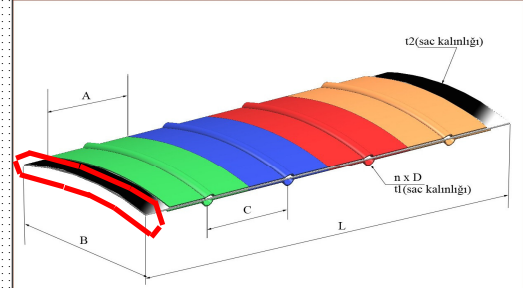
TEST NO: 8A

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

Brülör:	Motorin Brülörü (237-450 kW)		
Ayarlar:	Primer _1.kademe:	25	%
	Primer _2.kademe:	65	%
	Sekonder:	2,2	-
	Basınç:	16	bar
	Pbaca:	-0,05	mbar
	Pyanma odası:	1,55	mbar
	Gaz direnci:	1,6	mbar
	1.Kademe meme:	3 gph Danfoss 60 °S	
	2.Kademe meme:	3.5 gph Danfoss 60 °S	

Açıklama:

- 3. Geçişe 4 adet geciktirici yerleştirildi.
- 3. geçişteki geciktiricilerin başına geçişi kapatan sac konuldu.
- İlk 10 geciktirici federleri için:
- A:52 mm
- B:245 mm(Açınım:247mm)
- C:52 mm
- n: 10 adet x 2 Yüzey
- Son 4 geciktirici federleri için:
- A:100 mm
- B:245 mm(Açınım:247mm)
- C:100 mm
- n: 4 adet x 2 Yüzey
- D:9-10 mm
- t1:0.5 mm
- t2:1.1mm
- L:880 mm
- Gövde izolasyonu 80mm
- Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
- Jetstream yok
- 250mm baca kullanıldı

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 29,24819083 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 29,70202506 kg/h
 t0= 0 M0= 41,45 kg
 t1= 9 ' 56 " 960 M1= 36,6 kg
 Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 302039,8928 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 181,27 °C °C
 Thava: 20,28 °C Thava_düz
 CO2: 13,387733 % 22,231136 °C

Yanma verimi: 92,9470 %

Siemens Ölçümü

O2:	2,744	%
CO2:	13,387733	%
CO:	14	ppm
NOx:	90	ppm
NO:	88	ppm
Lambda:	1,141	%

H2O verimi

Su debi: 4347,33 lt/h
 Su debi_düz: 4356,784898 lt/h
 t2= 0 V0= 0 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 V1= 0 m³
 Düzeltilmiş
 Tgidiş: 79,121 °C 78,8885132 °C
 Tdönüş: 59,317 °C 59,1300818 °C
 Tsoguk: 16,251 °C 15,798985 °C
 Qalınan: 274867,5037 kcal/h
 Qverilen: 302039,8928 kcal/h
 Isıl verim: 91,0037% %

COdüz:	17,7147239	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	186,349693	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

TEST NO: 8B

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

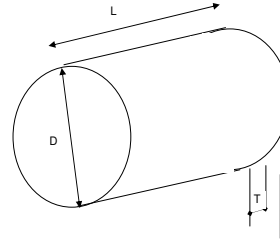
Brülör:	Motorin Brülörü (237-450 kW)	
Ayarlar:	Primer_1.kademe:	25 %
	Primer_2.kademe:	83 %
	Sekonder:	2,2 -
	Basınç:	17 bar
	Pbaca:	-0,05 mbar
	Pyanma odası:	1,98 mbar
	Gaz direnci:	2,03 mbar
	1.Kademe meme:	3 gph Danfoss 60 °S
	2.Kademe meme:	3.5 gph Danfoss 60 °S

Açıklama:

- Yay tipi geciktirici yok
 D:486mm
 L:400mm
 T:0mm
 Çevre:1539mm
 Et kalınlığı:0.5mm
 Silindir yanma odası içerisine konuldu.

- Gövde izolasyonu 80mm
 Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
 - Jetstream yok
 - 250mm baca kullanıldı

Not: Kapıyı açtığımızda kovan tipi geciktiricimizi ilk olarak T:0mm olacak şekilde koyduğumuz halde yaklaşık olarak 15mm kadar brülör yönünde ilerlemiş olduğunu gördük.

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 30,41288248 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 30,86077678 kg/h
 t0= 0 M0= 9 kg
 t1= 9 ' 57 " 773 M1= 3,95 kg

Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 313823,2391 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbacı: 180,821 °C °C
 Thava: 16,933 °C Thava_düz
 CO2: 13,196333 % 18,8382821 °C

Yanma verimi: 92,7287 %

Siemens Ölçümü

O2: 3,005 %
 CO2: 13,196333 %
 CO: 65 ppm
 NOx: 104 ppm
 NO: 102 ppm
 Lambda: 1,1567 %

H2O verimi

Su debi: 4332,344 lt/h
 Su debi_düz: 4341,789906 lt/h
 t2= 0 V0= 0 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 V1= 0 m³

Düzeltilmiş
 Tgidiş: 81,248 °C 81,0350816 °C
 Tdönüş: 60,874 °C 60,7110596 °C
 Tsoguk: 16,318 °C 15,86833 °C

Qalınan: 282940,3443 kcal/h
 Qverilen: 313823,2391 kcal/h
 Isıl verim: 90,1591%

COdüz:	83,4398444	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	218,4606835	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

TEST NO: 8C

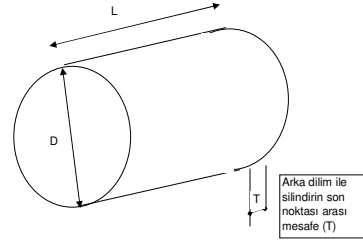
Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

Brülör: Motorin Brülörü (237-450 kW)
 Ayarlar: Primer_1.kademe: 25 %
 Primer_2.kademe: 78 %
 Sekonder: 2,2 -
 Basınç: 16,5 bar
 Pbacı: -0,05 mbar
 Pyanma odası: 1,98 mbar
 Gaz direnci: 2,03 mbar
 1.Kademe meme: 3 gph Danfoss 60 °S
 2.Kademe meme: 3.5 gph Danfoss 60 °S

Açıklama:

- Yay tipi geciktirici yok
 D:486mm
 L:400mm
 T:0mm
 Çevre:1539mm
 Et kalınlığı:0.5mm
 Geciktirici silindir yanma odası içerisine yerleştirildi.
 Yanma odası çapı(teknik resim):500mm
 - Gövde izolasyonu 80mm
 Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
 - Jetstream yok
 - 250mm baca kullanıldı
 - Yakıt debisi kısıldı. 17bar'dan 16.5 bar'a getirildi.

Not: Kapağı açtığımızda ilk olarak T:0mm olacak şekilde koyduğumuz halde yaklaşık olarak 15mm kadar brülör yönünde ilerlemiş olduğunu gördük.

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 29,58698872 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 30,03909508 kg/h
 t0= 0 M0= -11,75 kg
 t1= 9 ' 31 " 873 M1= -16,45 kg
 Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 305467,5578 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbacı: 179,236 °C °C
 Thava: 18,012 °C Thava_düz
 CO2: 13,264533 % 19,932064 °C

Yanma verimi: 92,8800 %

Siemens Ölçümü

O2: 2,912 %
 CO2: 13,264533 %
 CO: 68 ppm
 NOx: 103 ppm
 NO: 100 ppm
 Lambda: 1,151 %

H2O verimi

Su debi: 4342,124 lt/h
 Su debi_düz: 4351,575774 lt/h
 t2= 0 0 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 0 m³

Düzeltilmiş
 Tgidiş: 80,282 °C 80,0601944 °C
 Tdönüş: 60,174 °C 60,0002796 °C
 Tsoguk: 16,307 °C 15,856945 °C

Qalınan: 279385,3047 kcal/h
 Qverilen: 305467,5578 kcal/h
 Isıl verim: 91,4615%

COdüz:	86,84210526	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	215,247678	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

Yorum 8:

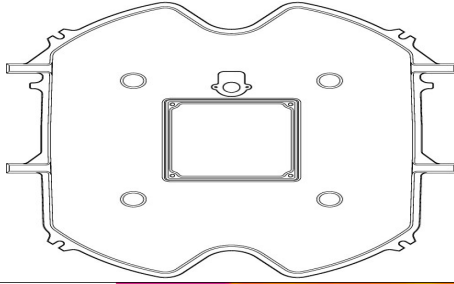
8A no'lu testte 3.geçişlere yerleştirilen yay levha tipi özel geciktiricilerimizin ön tarafına geçişleri kapatacak şekilde ilave sac parça kaynatılmış ve sonuçlar gözlenmiştir. Baca gazı sıcaklığının 181.27⁰C'ye çıktığı, ısıl verimin %91 ve yanma veriminin de %92.95 seviyesine indiği görülmüştür.

8B no'lu testte cehennemliğe kovan tipi geciktirici modelimiz arka dilime dayanacak şekilde yerleştirilmiş, başka geciktirici kullanılmamıştır. Baca gazı sıcaklığı 180.82⁰C olarak ölçülmüştür.

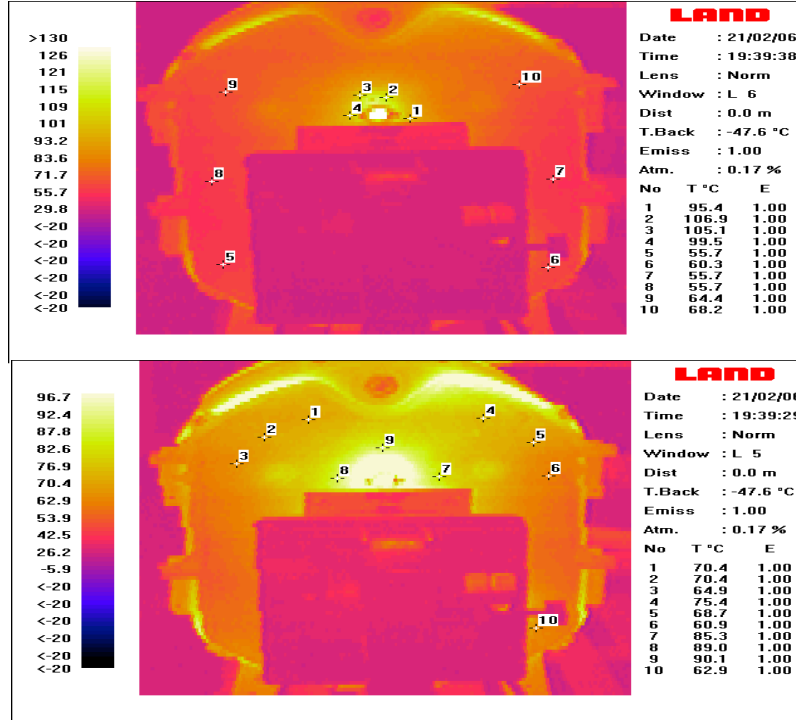
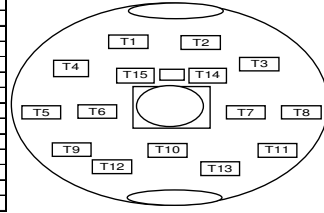
8C no'lu testte yakıt debisi kısımıştır. Kovan tipi geciktirici model kullanıldığında gaz yolu direnci 2.03 mbar seviyesine yükselmiştir.Baca gazı sıcaklığı 179.24⁰C olarak ölçülmüştür. Kazan ısıl verimi %91.46 ve yanma verimi de %92.88 olmuştur.

TEST NO:8

BRÜLÖR KAPISI SICAKLIK ÖLÇÜMÜ



	Sıcaklık(°C)
T 1	75,9
T 2	73,6
T 3	60,2
T 4	64,1
T 5	51,7
T 6	61,9
T 7	ÖLÇÜLMEDİ
T 8	ÖLÇÜLMEDİ
T 9	51,8
T 10	ÖLÇÜLMEDİ
T 11	ÖLÇÜLMEDİ
T 12	60,4
T 13	76,3
T 14	87,9
T 15	89,7



Şekil 50. Termal kamera ile 8 no'lu test brülör kapısı sıcaklık ölçümü değerleri

TEST NO: 9

Kazan tipi: Döküm Kazan
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW

Brülör:	Motorin Brülörü (237-450 kW)		
Ayarlar:	Primer _1.kademe:	25	%
	Primer _2.kademe:	90	%
	Sekonder:	2,2	-
	Basınç:	13	bar
	Pbaca:	-0,07	mbar
	Pyanma odası:	6,6	mbar
	Gaz direnci:	6,67	mbar
	1.Kademe meme:	3 gph Danfoss 60 °S	
	2.Kademe meme:	3.5 gph Danfoss 60 °S	

Açıklama:

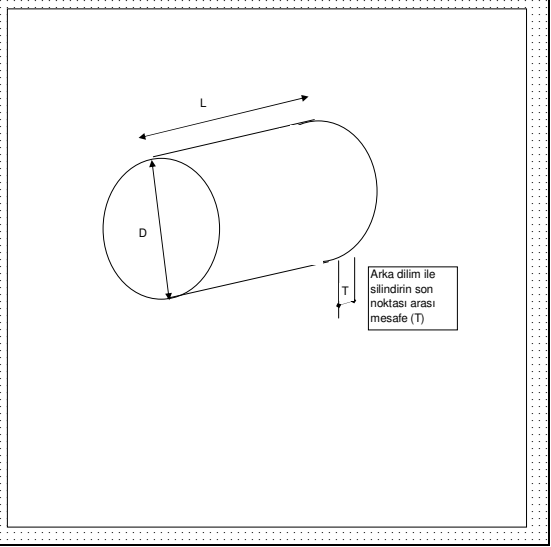
- Yay tipi geciktirici yok
 D:486mm
 L:150mm
 T:0mm
 Çevre:1329mm
 Et kalınlığı:1 mm
 Silindirik yanma odası içerisine konuldu.
 (Arka dilim yüzeyine tamamen yaslandı ve borunun diğer ucu 7.dilimden 10mm daha fazla bir mesafeye kadar geldi.)

- Gövde izolasyonu 80mm
 Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
 - Jetstream yok
 - 300mm baca kullanıldı
 - Yakıt debisi kısılmak zorunda kalındı. 13 bar'a getirildi.

Sonuç olarak gaz kısmı direnci limiti aştı.
 Alınan güç tespit edildi.
 Brülör Fanının maksimum hava kapasitesi yeterli gelmedi.
 Verim testi yapılmadı.
 2.kademe hava ayarı 90 da iken emisyon ölçümü yapıldı.
 Yanma verimi ölçüldü.

Kazana göre sağ tarafta temizleme kapağı yerine takılan seramik camın aşırı ıslandığı ve yağışma görüntüsünün net görülemediği ancak sol taraftaki cam da ise net görüntünün sağlandığı tespit edildi.

Yaklaşık 40-45 °C kazan giriş suyu sıcaklığında yağışma başladı ve yağışmaya da ilk olarak arka dilimin 3. geçiş üzerinde gerçekleştiği görüldü.

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 28,11468324 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 28,57429836 kg/h
 t0= 0 M0= 0 kg
 t1= 9 ' 31 " 873 M1= 0 kg

Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 290572,04 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 160,686 °C °C
 Thava: 19,422 °C Thava_düz
 CO2: 14,022067 % 21,3613814 °C

Yanma verimi: 94,0567 %

Siemens Ölçümü

O2:	1,879	%
CO2:	14,022067	%
CO:	246	ppm
NOx:	93	ppm
NO:	90	ppm
Lambda:	1,0922	%

H2O verimi

Su debi: 4291,708 lt/h
 Su debi_düz: 4301,129525 lt/h
 t2= 0 0 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 0 m³

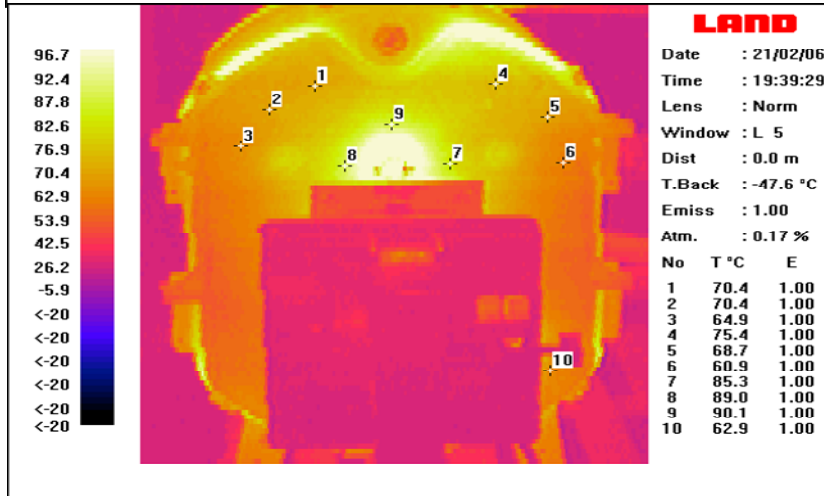
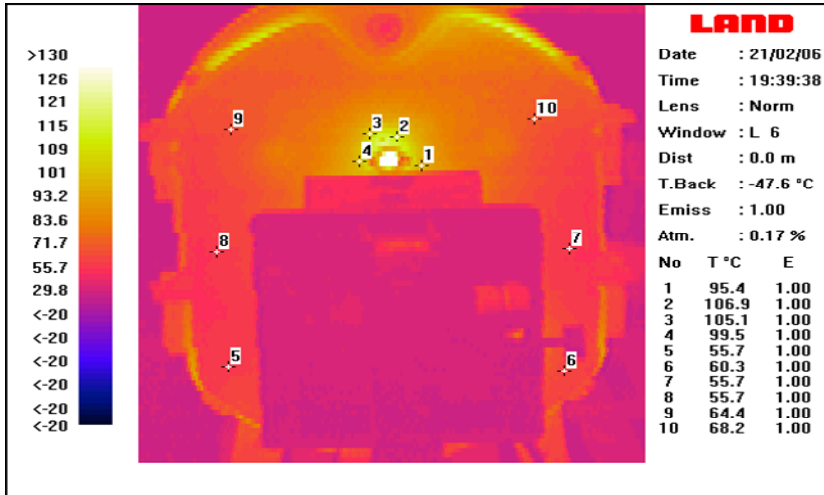
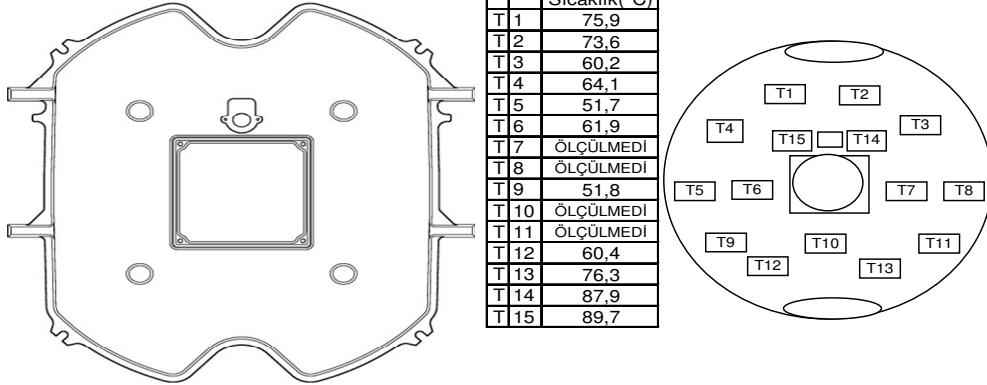
Düzeltilmiş
 Tgidiş: 74,282 °C 74,0049944 °C
 Tdönüş: 56,29 °C 56,056466 °C
 Tsoguk: 15,729 °C 15,258715 °C

Qalınan: 252675,3568 kcal/h
 Qverilen: 290572,04 kcal/h
 Isıl verim: 86,9579% %

COdüz:	297,1915695	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	183,850217	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

Yorum 9:

9 no'lu testte yakıt debisi 13 bara getirildi. Kovan tipi geciktirici modelimiz 7. dilime dayanmıştır. Gaz yolu direnci limit değerlerin üzerine çıkarak 6.67 mbar seviyesine ulaşmıştır. Baca gazı sıcaklığı 160.69°C olarak ölçülmüş ancak kazan ısı verimi %86.96 seviyesinde kalmıştır.

TEST NO:9**BRÜLÖR KAPISI SICAKLIK ÖLÇÜMÜ**

Şekil 51. Termal kamera ile 9 no'lu test brülör kapısı sıcaklık ölçümü değerleri

TEST NO: 10A

Kazan tipi: YMK
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW
 Alınan Güç: 0 kW

Brülör:	Motorin Brülörü (237-450 kW)		
Ayarlar:	Primer_1.kademe:	25	%
	Primer_2.kademe:	90	%
	Sekonder:	2,2	-
	Basıncı:	16,5	bar
	Pbaca:	-0,07	mbar
	Pyanma odası:	1,12	mbar
	Gaz direnci:	1,19	mbar
	1.Kademe meme:	3 gph Danfoss 60 °S	
	2.Kademe meme:	3.5 gph Danfoss 60 °S	

Açıklama:

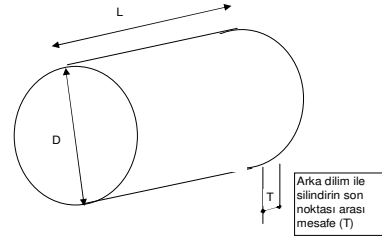
- Geciktirici yok
 D:486mm
 L:150mm
 T:30mm
 Çevre:1529mm
 Et kalınlığı:1 mm
 Silindir yanma odası içerisine yerleştirildi.

- Gövde izolasyonu 80mm
 Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
 - Jetstream yok
 - 300mm baca kullanıldı

Sonuç olarak gaz kısmı direnci çok az çıktı. Buna karşılık baca gazı sıcaklığı da fazla çıktı. Yanma verimi çok düşük.

Alınan güç tespit edildi.

Verim testi yapılmadı.
 2.kademe hava ayarı 90 da iken emisyon ölçümü yapıldı.
 Yanma verimi ölçüldü.

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 0 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 0,603 kg/h
 t0= 0 0 kg
 t1= 9 ' 40 " 761 0 kg

Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 6131,907 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 199,502 °C °C
 Thava: 19,736 °C Thava_düz
 CO2: 12,378667 % 21,679683 °C

Yanma verimi: 91,5726 %

Siemens Ölçümü

O2:	4,12	%
CO2:	12,378667	%
CO:	12	ppm
NOx:	96	ppm
NO:	93	ppm
Lambda:	1,2291	%

H2O verimi

Su debi: 4446,721 lt/h
 Su debi_düz: 4456,235533 lt/h
 t2= 0 V0= 0 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 V1= 0 m³

Düzeltilmiş
 Tgidiş: 77,29 °C 77,040668 °C
 Tdönüş: 57,66 °C 57,447564 °C
 Tsoguk: 15,635 °C 15,161425 °C

Qalınan: kcal/h
 Qverilen: kcal/h
 Isıl verim: %

COdüz:	16,4218009	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	214,976303	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

TEST NO: 10B

Kazan tipi: YMK
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW
 Alınan Güç: 0 kW

Brülör: Motorin Brülörü (237-450 kW)
 Ayarlar: Primer_1.kademe: 25 %
 Primer_2.kademe: 90 %
 Sekonder: 2,2 -
 Basınç: 16,5 bar
 Pbacı: -0,07 mbar
 Pyanma odası: 1,11 mbar
 Gaz direnci: 1,18 mbar
 1.Kademe meme: 3 gph Danfoss 60 °S
 2.Kademe meme: 3.5 gph Danfoss 60 °S

Açıklama:

- Yay tipi geciktirici yok
 D:486mm
 L:400mm
 T:30mm
 Çevre:1529mm
 Et kalınlığı:0.5 mm
 Silindir yanma odası içerisine yerleştirildi.

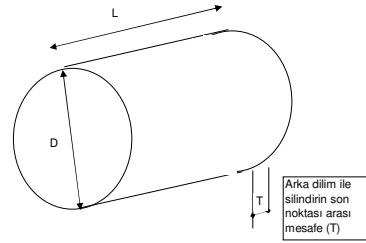
- Gövde izolasyonu 80mm
 Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
 - Jetstream yok
 - 300mm baca kullanıldı

Sonuç olarak gaz kısmı direnci çok az çıktı. Buna karşılık baca gazı sıcaklığı da fazla çıktı. Yanma verimi çok düşük.

Silindirin boyu uzadıkça yanma verimi düşüyor.

Alınan güç tespit edildi.

Verim testi yapılmadı.
 2.kademe hava ayan 90 da iken emisyon ölçümü yapıldı.
 Yanma verimi ölçüldü.

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 0 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 0,603 kg/h
 t0= 0 0 kg
 t1= 9 ' 31 " 873 0 kg

Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 6131,907 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbacı: 203,185 °C °C
 Thava: 20,86 °C Thava_düz
 CO2: 12,4388 % 22,819082 °C

Yanma verimi: 91,4873 %

Siemens Ölçümü

O2: 4,038 %
 CO2: 12,4388 %
 CO: 12 ppm
 NOx: 102 ppm
 NO: 93 ppm
 Lambda: 1,2234 %

H2O verimi

Su debi: 4388 lt/h
 Su debi_düz: 4397,4793 lt/h
 T0= 0 V0= 0 m³
 T1= 10 ' 13 " 55 V1= 0 m³

Düzeltilmiş
 Tgidiş: 78,11 °C 77,868212 °C
 Tdönüş: 58,5 °C 58,3005 °C
 Tsoguk: 15,875 °C 15,409825 °C

Qalınan: kcal/h
 Qverilen: kcal/h
 Isıl verim: %

COdüz:	16,3424125	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	227,3081	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

TEST NO: 10C

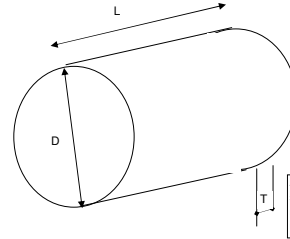
Kazan tipi: YMK
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW
 Alınan Güç: 0 kW

Brülör: Motorin Brülörü (237-450 kW)
 Ayarlar: Primer _1.kademe: 25 %
 Primer _2.kademe: 60 %
 Sekonder: 2,2 -
 Basınç: 16,5 bar
 Pbaca: -0,07 mbar
 Pyanma odası: 1,6 mbar
 Gaz direnci: 1,67 mbar
 1.Kademe meme: 3 gph Danfoss 60 °S
 2.Kademe meme: 3.5 gph Danfoss 60 °S

Açıklama:

- Yay tipi geciktirici yok
 D:486mm
 L:150mm
 T:15mm
 Çevre:1529mm
 -Et kalınlığı:1 mm
 Silindir yanma odası içerisine yerleştirildi.

- Gövde izolasyonu 80mm
 Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
 - Jetstream yok
 - 300mm baca kullanıldı



Arka dilim ile silindirin son noktası arası mesafe (T)

Yanma Verimi

Yakıt debi: 29,4441259 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 29,89696085 kg/h
 t0= 0 M0= -11,2 kg
 9 ' 40 " 761 M1= -15,95 kg
 Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 304022,1949 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 186,887 °C °C
 Thava: 21,09 °C Thava_düz
 CO2: 13,203667 % 23,052233 °C

Yanma verimi: 92,6490 %

Siemens Ölçümü

O2: 2,995 %
 CO2: 13,203667 %
 CO: 41 ppm
 NOx: 101 ppm
 NO: 99 ppm
 Lambda: 1,1561 %

H2O verimi

Su debi: 4373,339 lt/h
 Su debi_düz: 4382,809503 lt/h
 t2= 0 V0= 0 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 V1= 0 m³

Düzeltilmiş
 Tgidiş: 78,64 °C 78,403088 °C
 Tdönüş: 58,777 °C 58,5817658 °C
 Tsoguk: 15,857 °C 15,391195 °C

Qalınan: kcal/h
 Qverilen: kcal/h
 Isıl verim: %

COdüz:	52,602055	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	212,0411	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

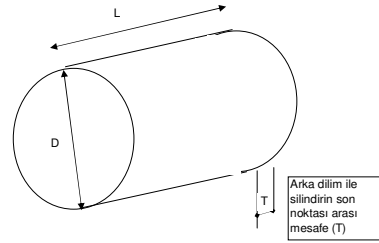
TEST NO: 10D

Kazan tipi: YMK
 Dilim Sayısı: 8
 Nominal Güç: 340kW
 Alınan Güç: 0 kW

Brülör:	Motorin Brülörü (237-450 kW)		
Ayarlar:	Primer_1.kademe:	25	%
	Primer_2.kademe:	55	%
	Sekonder:	2,2	-
	Basınç:	16,5	bar
	Pbaca:	-0,09	mbar
	Pyanma odası:	1,1	mbar
	Gaz direnci:	1,19	mbar
	1.Kademe meme:	3 gph Danfoss 60 °S	
	2.Kademe meme:	3.5 gph Danfoss 60 °S	

Açıklama:

- Yay tipi geciktirici yok
- D:486mm
- L:350mm
- T:0mm
- Çevre:1366mm
- Et kalınlığı:1 mm
- Silindir yanma odası içerisine yerleştirildi.
- Her taraftan 27 mm mesafe kalacak şekilde ayaklar üzerine yerleştirildi.
- Gövde izolasyonu 80mm
- Ön ve arka izolasyonu 50mm dupan
- Jetstream yok
- 300mm baca kullanıldı.
- Silindirin eridiği gözlemlendi.

**Yanma Verimi**

Yakıt debi: 29,90882632 kg/h
 Yakıtdebi_düz: 30,35929131 kg/h
 t0= 0 M0= 92,1 kg
 t1= 9 ' 19 " 701 M1= 87,45 kg
 Hu: 10169 kcal/kg
 Qverilen= 308723,6333 kcal/h
 Spider Ölçümü Manuel Ölçüm
 Tbaca: 179,54 °C °C
 Thava: 19,243 °C Thava_düz
 CO2: 13.2616 % 21,1799291 °C

Yanma verimi: 92,9209 %

Siemens Ölçümü

O2:	2,916	%
CO2:	13.2616	%
CO:	22	ppm
NOx:	113	ppm
NO:	111	ppm
Lambda:	1,1513	%

H2O verimi

Su debi: 4381,134 lt/h
 Su debi_düz: 4390,60918 lt/h
 t2= 0 V0= 0 m³
 t3= 10 ' 13 " 55 V1= 0 m³
 Düzeltilmiş
 Tgidiş: 79,6 °C 79,37192 °C
 Tdönüş: 59,389 °C 59,2031906 °C
 Tsoguk: 15,913 °C 15,449155 °C
 Qalınan: 280659,8788 kcal/h
 Qverilen: 308723,6333 kcal/h
 Isıl verim: 90,9097% %

COdüz:	28,1021898	mg/kWh	Limit:	110mg/kWh
NOdüz:	236,197744	mg/kWh	Limit:	250mg/kWh

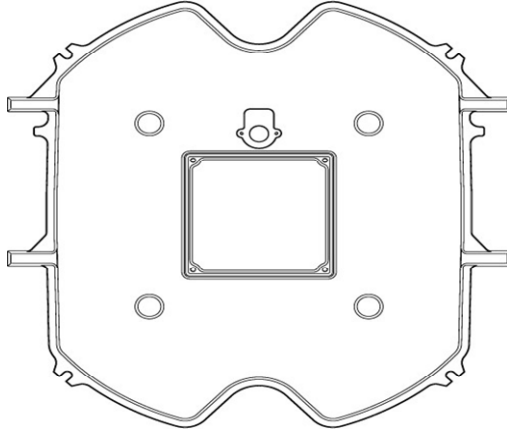
Yorum 10:

10A no'lu testte kovan tipi geciktirici modelimiz arka dilimden T=30 mm olacak şekilde ön tarafa yerleştirilmiştir. Gaz kısmı direncinin çok düşük olduğu (1.19 mbar) gözlenmiştir. Baca gazı 199.50⁰C seviyesine, hava fazlalık katsayısı da 1.23 seviyesine yükselmiş ve ısıtılarak atılan O₂ miktarında artış tespit edilmiştir.

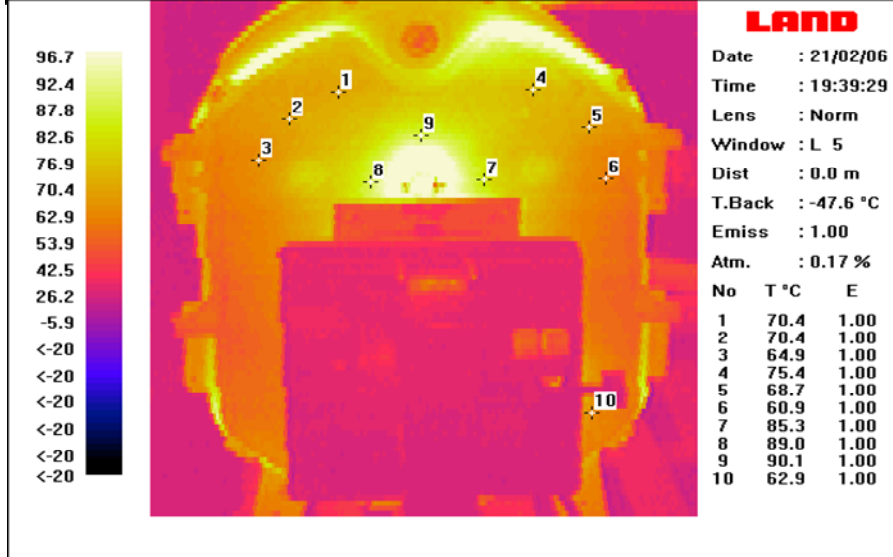
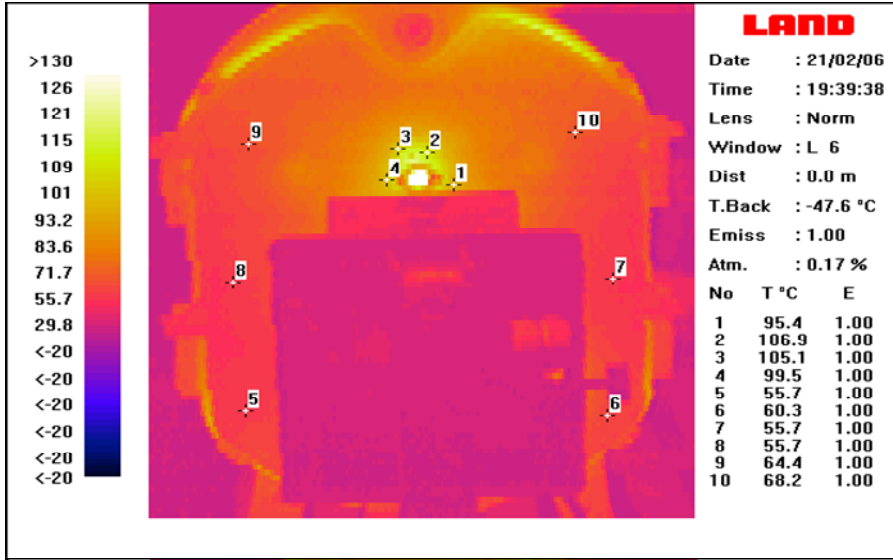
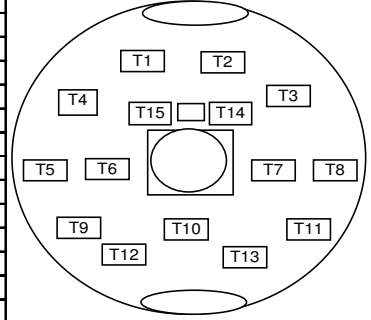
10B no'lu testte kovan tipi geciktiricimizin boyu L=150 mm'den L=400 mm'ye çıkartılmıştır. Gaz kısmı direnci (1.18 mbar) düşük çıkmıştır. Buna karşılık baca gazı sıcaklığı da (203.18⁰C) yüksek çıkmıştır.yanma verimi de yapılan testler içerisinde en düşük seviyesi olan %91.49 seviyesinde kalmıştır. Kovan tipi geciktirici silindirimizin boyu uzadıkça yanma verimi düşmektedir.

10C no'lu testte L=150 mm olan kovan tipi geciktirici silindir arka dilimden T=15mm olacak şekilde öne doğru yerleştirilmiştir. Baca gazı sıcaklığı 186.89⁰C seviyelerine inerken, hava fazlalık katsayısı da 1.16 seviyesine inmiş ve yanma verimi de %92.65 seviyesine yükselmiştir.

10D no'lu testte ise L=350 mm olan kovan tipi geciktirici silindirimiz her yönden 27mm boşluk kalacak şekilde orta kısma sac ayaklar üzerinde konumlandırılmış ve T=0 mm olacak şekilde arka dilime dayandırılmıştır. Baca gazı sıcaklığınının 179.54⁰C ve hava fazlalık katsayısınının 1.15 seviyesine indiği kazan ısı veriminin ise %90.91 seviyesinde gerçekleştiği görülmüştür. Yüksek sıcaklıktan ötürü silindirde erime gözlenmiştir.

TEST NO:10**BRÜLÖR KAPISI SICAKLIK ÖLÇÜMÜ**

	Sıcaklık(°C)
T 1	75,9
T 2	73,6
T 3	60,2
T 4	64,1
T 5	51,7
T 6	61,9
T 7	ÖLÇÜLMEDİ
T 8	ÖLÇÜLMEDİ
T 9	51,8
T 10	ÖLÇÜLMEDİ
T 11	ÖLÇÜLMEDİ
T 12	60,4
T 13	76,3
T 14	87,9
T 15	89,7



Şekil 52. Termal kamera ile 10 no'lu test brülör kapısı sıcaklık ölçümü değerleri

BÖLÜM V

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1 PANEL RADYATÖR TESTLERİ

Panel radyatörler soğuk haddelenmiş 1,11 mm kalınlığında DIN EN 10130 standardı 6112 kalite (St 12) (C..%0,12 ; P...%0,045 ; S..%0,045 ; Mn.. %0,60 ; R_e..280 N/mm²) alaşımsız çelik malzemedendir, konvektörler 0,37 mm kalınlığında, kapaklar ise 0,50 mm kalınlığında sac malzemedendir imal edilmektedir.

Yapılmış olan deneylerde panel radyatörlerin ısı güçleri TS EN 442 standardına göre ölçülmüştür.

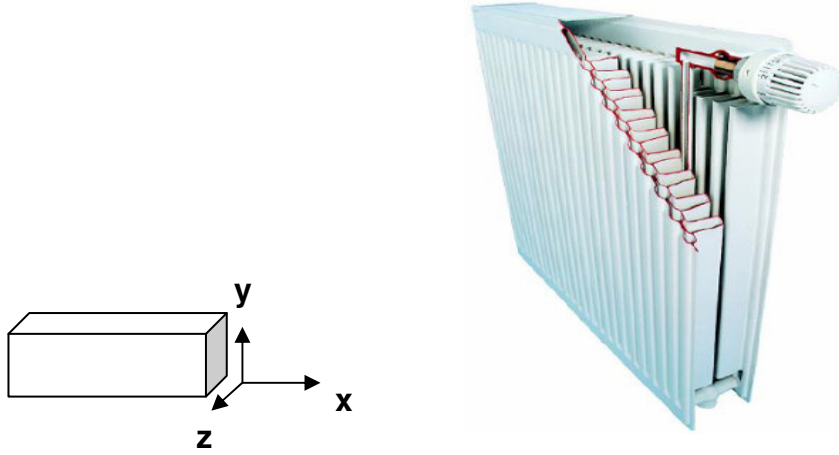
5.1.1 Deney No:1 Analizi

Yapılan 1 no'lu deneyde 4 ayrı üst kapak tipi aynı radyatör üzerinde denenmiş ve verdikleri ısı güçleri değerlendirilmiştir.

PANEL RADYATÖR DENEY NO:1

SIRA NO	ISIL GÜÇ	AĞIRLIK	ARALIK MESAFESİ	KAPAK MALİYETİ	KAPAK MALİYETİ/ISIL GÜÇ
KAPAK NO:1	1.473	0,486	8,5	0,3402	0,00023096
KAPAK NO:2	1.550	0,362	6	0,2534	0,00016348
KAPAK NO:3	1.502,50	0,422	9	0,2954	0,00019661
KAPAK NO:4	1.506,40	0,389	7	0,2723	0,00018076
	kcal/h	Kg	mm	\$	\$/kcal

Ağırlığı fazla olan malzeme formunun da etkisiyle ısı güç deneyinde daha düşük ısı güce ulaşmıştır. 1 ve 3 no'lu kapaklara aynı zamanda X yönünde delik formu verildiğinden ısının ortama verilmesinde ters türbulansa neden olduğu ve radyatörün düşük güçlerde kalmasına sebep olduğu gözlemlenmiştir. 2 ve 4 no'lu kapaklarla yapılan deneyler en iyi sonuçları vermiştir. Isıl gücün en iyi çıktığı 2 no'lu kapak düşük ağırlığından dolayı tercih edilmiştir. Ancak delik sayısının 4 no'lu kapağa göre fazla oluşu fire maliyetini ve kalıp ilk yatırım maliyetini artırırken uzun vadede bakıldığında TS EN 442 standardına göre yüksek ısı güc olanağını radyatörümüze sağladığı için tercih edilen en iyi kapak olmuştur.



Şekil 53. Panel Radyatör Kesiti

5.1.2 Deney No:2 Analizi

Konvektörler DIN EN 10130 kalitesinde 0,37 mm kalınlığında sac malzemeden yapılmaktadır. Deneyde kullanılan farklı konvektör boyuna sahip radyatörlerdeki konvektör ağırlıkları şu şekilde hesaplanmıştır.

$$480 \text{ Konvektör ağırlığı} = \frac{480 \times 1000 \times 0.37 \times 8}{1000000} = 1.4208 \text{ kg}$$

$$510 \text{ Konvektör ağırlığı} = \frac{510 \times 1000 \times 0.37 \times 8}{1000000} = 1.5096 \text{ kg}$$

705\$/ton sac fiyatları baz alındığında:

$$705/1000 \times 1.4208 = 1.0016 \$$$

$$705/1000 \times 1.5096 = 1.0643 \$$$

Boya, işçilik ve kaynak maliyeti yaklaşık aynı kabul edildiğinde uzun konvektör kullanımı %6,25 ek maliyet getirmektedir. Bu maliyet fiyatı nihai müşteri bazında pazara yansıtıldığında %2,27'lik ısı güç artışı karşısında kabul edilebilir olduğu gözükmemektedir. Ancak konvektör maliyetinin ısı güç karşısındaki oranları değerlendirildiğinde kısa konvektör boyunun üretiminin rantabilitesinin yüksek olduğu gözükmemektedir. Ancak bu üründe farklı bir

pazarlama tekniği kullanılarak ürün çeşitlemesi yapılabilir ve uzun konvektörlü ürünün üretilip, satılmasından daha fazla kâr elde edilebilir.

SIRA NO	ISIL GÜÇ	KONVEKTÖR MALİYETİ	KON.MALİYETİ/ISIL GÜÇ
KONVEKTÖR BOYU: 480 mm	1.480,30	1,0016	0,0006766
KONVEKTÖR BOYU: 510 mm	1.513,90	1,0643	0,0007030
	kcal/h	\$	\$/kcal

5.2 DÖKÜM KAZAN TESTLERİ

KAZAN TESTLERİ ÖZET

TEST NO	YANMA VERİMİ	ISIL VERİM	HAVA FAZLALIK KATSAYISI	T _{baca}	GECİKTİRİCİ	GECİKTİRİCİ MALİYETİ (YTL)	ISIL VERİM / GECİK.MALİYETİ	YANMA VERİMİ / GECİK.MALİYETİ
1	91,69%	89,76%	1,18	201,45 °C	-	0	0	0
2A	92,42%	90,78%	1,21	183,78 °C	4 YAY TIPI	150,40	0,000567	0,0005566
2B	92,41%	91,15%	1,24	182,29 °C	4 YAY TIPI	150,40	0,000564	0,0005566
3	92,53%	90,47%	1,21	181,06 °C	4 YAY TIPI	150,40	0,000569	0,0005559
4A	92,53%	0,00%	1,21	181,06 °C	4 YAY TIPI	150,40	0	0,0005559
4B	92,25%	90,89%	1,21	185,28 °C	4 YAY TIPI	150,40	0,000566	0,0005576
5	92,17%	90,51%	1,23	185,48 °C	4 YAY TIPI	150,40	0,000568	0,0005581
6	92,17%	0,00%	1,23	185,48 °C	4 YAY TIPI	150,40	0	0,0005581
7	94,03%	91,92%	1,13	160,00 °C	4+4 YAY TIPI	300,80	0,001119	0,0010940
8A	92,95%	91,00%	1,14	181,27 °C	4 YAY TIPI	150,40	0,000565	0,0005534
8B	92,73%	90,16%	1,16	180,82 °C	L=150 KOVAN	15,02	0,000057	0,0000554
8C	92,88%	91,46%	1,15	179,24 °C	L=150 KOVAN	15,02	0,000056	0,0000553
9	94,06%	86,96%	1,09	160,69 °C	L=150 KOVAN	15,02	0,000059	0,0000546
10A	91,57%	0,00%	1,23	199,50 °C	L=150 KOVAN	15,02	0	0,0000561
10B	91,49%	0,00%	1,22	203,18 °C	L=400 KOVAN	40,05	0	0,0001497
10C	92,65%	0,00%	1,16	186,89 °C	L=150 KOVAN	15,02	0	0,0000554
10D	92,92%	90,91%	1,15	179,54 °C	L=350 KOVAN	35,00	0,000132	0,0001288

YTL

kcal/YTL

kcal/YTL

Kazan ve brülör sistemlerinde en ideal yanmayı sağlayacak iki temel fonksiyon vardır. Bunlardan birincisi yakıt oranı ayarı, ikincisi de hava oranı ayarıdır. Bu ayarların sürekli olarak optimizasyonu sağlanarak en ideal yanma işlemi gerçekleştirilir. Örneğin, bir yanma sisteminde hava ayarı değiştirilerek, yakıtın yanması için gereken havanın, optimum bir şekilde ayarlanması gerekir. Eğer yanma ortamına az miktarda oksijen girerse, yanma tam olarak gerçekleşemeyeceğinden dolayı, dışarıya yüksek miktarlarda CO çıkar. Bu da yanma veriminin kötü olması demektir ve yakıtın (enerjinin) yakılmadan sokağa atıldığına bir göstergesidir. Öte yandan hava klapeleri gereğinden fazla açılırsa, yani aşırı havalandırma sağlanırsa, bu defa da açığa hiç CO çıkartılmamış olur. Teorik olarak yakıt tam yanmıştır, ancak aşırı havadan ötürü sistemde soğuma meydana geleceği için, bu da bir enerji kaybı olarak karşımıza çıkacaktır. Maksimum yanma verimi, hava fazlalığı en düşük seviyeye indirilirken, ısı kaybının en düşük seviyede tutulması ile sağlanır. Baca gazı analizörleri ile O₂, CO, CO₂, baca sıcaklığı, ortam sıcaklığı, yanma verimi, fazla hava katsayısı vb. parametreler ölçülerek, sistem optimizasyonu kontrol altına alınabilmekte ve böylece enerji kaybı da minimuma indirilmektedir. Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı gibi, yanma sisteminden atılan oksijen miktarı arttıkça baca gazı kayıpları da artar. Bunun önüne geçebilmek için, yanma sistemine giren havanın azaltılması gerekmektedir. Azaltılan oksijen

miktarı, karbon atomları ile iki oksijen yerine bir oksijen atomunun birleşmesine neden olup, yanma ürünü olarak karbondioksit yerine karbonmonoksit oluşumunu sağlar. Çevreyi kirletmemek için limit emisyon değerlerinin üzerine çıkmayacak şekilde oksijen azaltılmalıdır. Baca gazı analizörleri kullanılarak optimum yanmayı sağlarken, temiz bir çevreyi tesis etmek de mümkündür.

Yapılan kazan testlerinde farklı modellerde kullanılan geciktiricilerin verime olan etkisi incelenmiştir. 7 no'lu testimizde yanma verimi %94,03 ve ısı verim %91,92 değerlerine ulaşmıştır. Sağdaki iki sütunda da ısı verimin ve yanma veriminin geciktirici maliyetine oranı değerlendirilmiştir.

Kazanlarda verimin yüksek tutulabilmesi için büyük tesislerde sürekli , küçük tesislerde periyodik olarak baca gazı analizörü kullanma alışkanlığı kazanılmalı yıllık ortalama verimde kayba uğramamak için , duruş zamanlarının neden olduğu iç soğuma kayıplarının önlenmesi maksadıyla , kazan ve brülör kapasitesinin , baca kesitinin tayininde dikkatli olunmalıdır. Mümkün olduğunca iki kademeli veya modülasyonlu brülörler tercih edilmeli, kazan suyu sıcaklığı gereğinden yüksek tutulmamalı mutlaka tam sızdırmaz kazanlar kullanılmalı , sızdırmazlığın garanti edilmediği kazanlarda otomatik baca kapama düzeneği kullanımı düşünülmeli, yanmanın sürekli kontrol edilip, brülör ayarlarına sürekli müdahalenin yapılarak verimin sürekli maksimumda tutulabildiği tam otomatik mikro modülasyonlu , yakıt/hava oran kontrollü sistemler tesis edilmeli, mümkün mertebe , doğalgaz gibi hidrojen kökenli yakıtlarda, yanma sonucu baca gazlarında oluşan su buharının sistem dönüş suyu yardımıyla soğutularak yoğunlaştırılmasıyla duyulur ısıya ilaveten gizli ısınım da kazan içindeki akışkana transfer edilebildiği, daha yüksek verimli, üst ısı değer kondenzasyon kazanları veya paslanmaz çelik yoğunlaştıruculu normal çelik kazanlar tercih edilmelidir.

Gerçek kazan verimliliği; yayılım, basınç tankının kendisindeki konveksiyon kayıpları ve sistem unsurlarını hesaba katan verimlilik hesabıdır. Bu hesaplama zaman içinde tesisatta kullanılan komponentlerin kullanımına göre belirlenir. Brülör imalattan sonra kazan verimliliğinin ana itici gücü niteliğindeki unsurdur. Yüksek randıman kazana uygulanan ilgili tasarım aşamasındaki önlemlerin sonucunda elde edilebildiğinden, mevcut makinenin işleyişini değiştirmenin yolu ya kaliteli bir brülör seçmekten ya da brülörde

gerekli ayarlamaları yapmaktan geçer. Kaliteli fan ve damper tasarımı ve basitçe bağlantılanarak monte edilebilen brülör daha kolay ayarlanabilmekte ve gerekli hava-yakıt oranlarına sahip olma koşulunu sağlamaktadırlar. Bununla birlikte bu konuda verilebilecek en iyi tavsiye sistemi basit tutmak olacaktır. En verimli ve etkili tasarımlar bakımı ve işletimi en kolay olanlardır. Bir brülördeki bağlantı tasarımı çok karmaşıksa, ayarlanmış hava yakıtı oranını sabit tutabilmek zor olacaktır. Bunun sonucunda bacadan çıkan aşırı havada bir artış olabilir. Dışarıya atılan fazla hava miktarı arttıkça da, verimlilik düşecektir. Yüksek modülasyon oranına sahip brülörler (10:1) doğal olarak daha verimli çalışır. Düşük modülasyon oranına sahip brülörler daha sık yanar ve daha fazla yakıt kullanırlar. Bir brülörü düşük bir ateşte tutmak sürekli soğuk ateşte tutmaktan çok daha verimli bir yaklaşımdır.

Kazan geçişlerinin sayısı ile kazan verimliliği arasında güçlü bir ilişki vardır. Basitçe özetlersek, geçişlerin sayısı ısıyı kazandaki suya ileten sıcak yanıcı gazların geçiş sayısına denk düşer. Geçişler ne kadar çoksa ısıyı iletme fırsatı da bir o kadar artar ve baca sıcaklığı da aynı oranda düşer. Kazandaki geçiş sayısı basınç kabında olduğu gibi tasarıma özgü işlevlerden biridir ve sistemle ilgili özellikler belirlenirken göz önünde bulundurulmalıdır. Kazan kurulduktan sonra etkileyici bir değişiklik gerçekleşmesi ise makineye yapılan bakımın sıklığına ve türüne dayalıdır. Uygun bir bakım programı uygulanırsa kazan optimal işlerlik göstererek çalışacaktır. Bu da verimli çalıştığı anlamına gelir. Kazana ilişkin bakım programı hazırlanırken yerleştirilmiş olan makinenin tipi ve boyutuna göre, kontrollerinin kazanın imalatçısının tavsiyeleri doğrultusunda yapılması önemlidir. Emisyonlar Çevre dostu kazanlar emisyon seviyelerini azaltarak yakıtı verimli şekilde yakarlar. Konuyla ilintili yanma sonucu oluşan yan ürünler arasında NO_x, SO_x, CO gibi başka ürünler de bulunmakta, yakıtın yanışına bağlı olarak birçok başka uçucu organik bileşikler ile parçacıklı maddeler de açığa çıkabilmektedir. Doğal gaz ve propan kazanlarıyla ilgili emisyonlar biyodizel de dahil olmak üzere petrol bazlı yakıtlardaki kadar çevresel bir sorun yaratacak öneme sahip değildir. Atmosferde bulunan NO_x ve SO_x doğrudan asit yağmuru ve ozonun üretimiyle ilgilidir. Ozon (O₃) doğal olarak oluşur ve yüksek seviyede bulunmadığı sürece zararsızdır. Ormanların

yok oluşu, doğanın zarar görmesi ve kirli hava gibi olayların tümü yüksek seviyede ozon ve asit yağmurunun ortaya çıkmasıyla ilgilidir. Bu nedenle NO_x emisyonları kazan performansı gibi hususlar çözüme ulaştırılırken dikkatle göz önünde bulundurulması gereken hususlardır. SO_x su buharıyla karışarak atmosferdeki sülfürik asidi oluşturur, bunun da çevreye zararı vardır. CO oluşumuna ise eski tür kazanlarda sıklıkla rastlanır ve oldukça yüksek konsantrasyonlu CO, hastalığa ve hatta ölüme neden olabilir. Uçucu nitelikteki organik bileşikler ve parçacıklı maddeler ise metan ve/veya metan olmayan madde bazlı hidrokarbonlardır. Bu tür maddeler yakıtlardaki yanmayan ve insanlarla çevreye zararlı olabilecek unsurlardır. Çevreye zarar veren bu ana gazların çıktısını en aza indirmeye odaklanmak mevcut bir kazan tesisi kurulumunda çevre dostu ısıtma çözümleri yaratma şansını büyük ölçüde güçlendirecektir.

Bu çalışmanın daha ileri götürülebilmesi mümkündür. Zaman darlığı dolayısıyla sadece döküm kazan ve panel radyatör ürünü ele alınabilmiş ve değişik uygulamalarla cihaz verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmadan faydalanılarak bir ısıtma sistemini oluşturan; brülör, sirkülasyon pompası, kolektörler, dağıtım boruları, üç yollu motorlu vanalar, boylerler olmak üzere sistemin tüm elemanlarını içeren çalışır bir sistemin komple verimliliği ele alınabilir ve her bir cihazın toplam verimliliğe etkisi detaylı olarak irdelenebilir. Ayrıca bu sisteme entegre olabilecek alternatif enerji kaynağı olarak güneş enerjisinin de otomatik kontrol sistemi vasıtasıyla sisteme katkısı araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- ANONİM. 1992. Verimlilik Yönetimi Uygulamalı El Kitabı. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara, Türkiye. 338 s.
- ANONİM. 2000. Isıtma Tesisatı. Isısan Çalışmaları No:265, İstanbul, Türkiye. 28-38.
- ANONİM. 2005. DemirDöküm Kombi Şartnamesi DemirDöküm Yayınları, İstanbul, Türkiye, 2006. 50 s.
- ANONİM. 2006. DemirDöküm Merkezi Isıtma Sistemi Şartnamesi. DemirDöküm Yayınları, İstanbul, Türkiye 2006. 43 s.
- ANONİM. 2007. DemirDöküm Panel Radyatör Kitapçığı DemirDöküm Yayınları, İstanbul, Türkiye. 16 s.
- ARISOY, A. 1991. Kalorifer Kazanlarındaki Otomatik Kontrolün Modellenmesi. Isı Bilimi ve Tekniği 8. Ulusal Kongresi, Eskişehir, Türkiye. 397-406
- ASHREA, 2003. HVAC Uygulamaları. Enerji Teknolojileri ve Mekanik Tesisat Dergisi, Sayı 122. 22-28.
- BİLGİN, A. 2006. Kazanlarda Enerji Verimliliği. Isıl Cihazlarda Verimlilik Semineri, Bursa, Türkiye, 14 Mart :1-16.
- BUCK, M. 2005. Binaların Enerji Performansı - Enerji Son Kullanım Verimliliği. Doğal Gaz Teknolojileri Cihaz ve Sistemleri Dergisi, Sayı 104. 28-32.
- DAĞSÖZ, A.K. 1998. Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı. İTÜ Makina Fakültesi Isı Geçişi ve Ekonomisi Birimi. Teknik Yayınlar No:6, İstanbul, Türkiye. 652 s.
- HAMİTOĞULLARI,S. 1991. Kontrol Sistemlerinin Yakıt Ekonomisine Etkisi Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul, Türkiye. 116 s.
- HPAC, E. 2004. Standard Ticari Kazanlarla Çevre Dostu Isı Tedariki. Doğal Gaz Teknolojileri Cihaz ve Sistemleri Dergisi, Sayı 126. 5-7.
- KAYA, E. 2004. Ticari Binalarda Enerji Tasarrufu ve Konfor Sorunlarının Çözümü. Enerji Teknolojileri ve Mekanik Tesisat Dergisi, Sayı 111. 22-28.
- KAYANSAYAN, N. 1983. Isı Eşanjörleri Teori ve Dizaynı. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik –Mimarlık Fakültesi Yayın No: 35, İzmir, Türkiye.138 s.
- KÜÇÜKÇALI, R. 1996. Isıl Cihaz Verimliliği. Tesisat Dergisi, Sayı 11, İstanbul, Türkiye. 50-51.

MOFFAT, R.J.1988. Describing the uncertainties in experimental results. Experimental thermal and fluid science,1:3-17.

ÖNCÜ,H. 1999. Isıl Cihazlarda Verimlik Artırma Çalışmalarının İncelenmesi, Bursa, Türkiye. 70 s.

ÖZSARFATİ, R. 2006. Brülörler ve Dijital Yanma Teknolojisi. Doğal Gaz Teknolojileri Cihaz ve Sistemleri Dergisi, Sayı 110. 14-18.

SARAÇOĞLU,O. , RAZGAT,A. ve RECKNAGEL,S. 2003. Isıtma ve Klima Tekniği. Doğa Yayıncılık, İstanbul, Türkiye. 14-32 s.

TABORIANSKI,V. , PRADO,R. 2003. Comparative Evaluation of the Contribution of Residential Water Heating Systems to the Variation of Greenhouse Gasses Stock in the Atmosphere. University of Sao Paolo Building Systems Laboratory of Polytechnic School, Sao Paolo, Brazil. 645-652.

TERKSÖY,T. 1976. Verimlilik Kavramı Tanımı ve Çeşitleri. Hacettepe Üniversitesi Ekonomi Bölümü. Ankara, Türkiye. 22 s.

YİĞİT, A. , KILIÇ M. 2004. Isı Transferi. Alfa Yayınları, Bursa, Türkiye: 2-3

[http:// www.eie.gov.tr/downloads/files2.htm](http://www.eie.gov.tr/downloads/files2.htm)

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yöneterek yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Muhiddin Can'a, desteklerini esirgemeyen çok değerli öğretim üyesi Sayın Akın Burak Ethemoglu'na, Sayın Prof. Dr. Ferruh Öztürk'e, Sayın Prof. Dr. Muhsin Kılıç'a, DemirDöküm Genel Müdürü Sayın Lütfü Kızıltan'a, DemirDöküm Genel Müdür Yardımcısı Sayın Can Azergün'e, değerli yöneticilerimden Sayın Fatih Aksoy'a, Baykal Makine A.Ş. Genel Müdürü Sayın Sulhi Baykal'a, Baykal Makine A.Ş. Satınalma Müdürü Sayın İrfan Aşkan'a, Türk DemirDöküm Fabrikaları A.Ş. ve Baykal Makine A.Ş. çalışanlarına ayrıca tüm eğitim hayatım boyunca maddi-manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme en içten dileklerle teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

Muhammed ASLAN, 1980 yılında Bursa'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Bursa'da tamamladı. 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği'nde lisans eğitimine başladı. 2003 yılında lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Yüksek lisans eğitimine hak kazandı. Yüksek lisans eğitimine başladıktan sonra kaydını dondurarak askerlik görevini yerine getirdi. 2004 yılında Türk DemirDöküm Fabrikaları A.Ş. Pazarlama-Ürün Yöneticiliği Departmanında Ürün Mühendisi olarak göreve başladı. 2 yıl bu görevde kaldıktan sonra 2006 yılında Baykal Makine A.Ş.'de Satınalma Sorumlusu olarak göreve başladı. Halen Baykal Makine A.Ş.'de Satınalma Sorumlusu olarak çalışmaktadır.