



TTMD
Adına Sahibi
Hüseyin Erdem

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Abdullah Bilgin

Genel Yayın Yönetmeni
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç

Yayın Kurulu
Gürkan Arı
İ. Zeki Aksu
Abdullah Bilgin
Aytekin Çakır
Dr. İbrahim Çakmanus
Remzi Çelik
Erbay Çerçioğlu
Faruk Çimen
Ali Rıza Dağlıoğlu
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Günerhan
Orhan Murat Gürson
Halim İman
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç
Selami Orhan
Züleyha Özcan
Fevzi Özel
E. Aybars Özer
S. Seden Çakıroğlu Özteker
Yeşim Portakal
İsmet Ünlü Taner
Halil Bora Türkmen

Dergi Yayın Sorumlusu
Gülten Acar

Dergi Yayın Asistanı
İlknur Altınbaş

İletişim
Ankara : Bestekar Sokak Çimen Apt.
No :15/2 06680 Kavaklıdere
Tel: 0.312. 419 45 71 - 419 45 72
Faks: 0.312. 419 58 51
web: <http://www.ttmd.org.tr>
e-mail: ttmd@ttmd.org.tr

İstanbul : İnönü Caddesi, Mercan Sokak
STFA Konutları B-8 Blok No:12/4 Kozyatağı
Tel: 0.216. 464 93 50
Faks: 0.216. 464 93 51
web: <http://www.ttmd.org.tr>
e-mail: ttmd.istanbul@ttmd.org.tr

TTMD Yönetim Kurulu
Hüseyin Erdem (Başkan)
Abdullah Bilgin (Başkan Yrd.)
Hırant Kalataş (Başkan Yrd.)
Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç (Başkan Yrd.)
Dr. İbrahim Çakmanus (Genel Sekreter)
Orhan Murat Gürson (Muhasip Üye)
İ. Zeki Aksu (Üye)
Levent Alatlı (Üye)
Gürkan Arı (Üye)
Handan Özgen (Üye)
S.Seden Çakıroğlu Özteker (Üye)
Tuğay Tunç (Üye)
Cafer Ünlü (Üye)

39. Sayının Ekidir

Bacaların Boyutlandırılması ve Baca Hesapları

Aytekin Çakır, Mak. Müh.
TTMD Üyesi

1. Giriş

Ülkemizde baca hesapları TSE 2165, TSE 11383,11388, 11389 standartlarına, DIN 4705 normlarına, MMO Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Esaslarına, MMO Gaz Projesi Hazırlama Esasları Kitaplarına ve gaz dağıtım kuruluşları şartnamelerine göre yapılmaktadır.

Doğal çekişli bacaların hesabı, kullanım yerindeki baca yüksekliğine göre net baca kesitinin belirlenmesini içermektedir.

Baca yüksekliği yatay duman kanalının bacaya bağlandığı nokta ile baca şapkası arasındaki mesafedir. Cihaz tabanından kanal bağlantısına kadar olan mesafe yükseklik değerine dahil edilmez.

DIN 4705 standardında modern kazanların baca hesabında kullanılabilecek son derece detaylı ve gelişmiş bir yöntem yer almaktadır ve bu Standard içeriği TSE 2165 standardının yeni şeklinde de yer almıştır.

Baca hesaplarının yapılmasında ülkemizdeki en önemli problem baca yapımında kullanılan malzemeler ile ilgili yeterli verilerin olmamasıdır. Bu nedenle bugüne kadar hesabı basitleştirmek için bacadaki ısı kayıpları ihmal edilmiş ve izotermal hal dikkate alınmıştır. Hesap sadece basınç kayıplarına dayanmaktadır.

2. Baca Hesabı Yöntemleri

Bacaların boyutlandırılması için 5 ayrı yöntem kullanılabilir.

1. Ampirik formüllerle,
2. Üretici firma abakları kullanarak,
3. Yanma verileri ile baca gazı hızına göre,
4. MMO /2003/352 kalorifer tesisatı kitabına göre,
5. TS 2165 (DIN 4705)'den basitleştirilmiş yönteme göre.

2.1. Ampirik Formüllerle Baca Hesabı

Modern kazanlarda baca gazı sıcaklıkları eski kazanlara göre yaklaşık %75 oranında azalmıştır (özellikle yoğunmalı kazanlarda). Aynı şekilde atık gaz debileri de %35-50 oranında azalmıştır. Buna karşın atık gaz içindeki CO₂ oranları artmış, su buharı

yoğuşma sıcaklıkları yükselmiştir. Ayrıca farklı yakıtlar, kazanlar ve brülörler ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla bugün kullanılan kazanlar için baca hesabında basit ampirik ifadeler yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle çeşitli literatürlerde yer alan ampirik formüller ve abaklara göre sadece baca kesiti belirlenebilir. Baca fonksiyonlarının etüdünün yapılması ve termodinamik hesaplar ile doğrulanması ile belgelendirilmesi bu yöntemlerle mümkün değildir. Çünkü bu formüllerde hesabı etkileyen birçok fiziksel ve termodinamik etkenler (gaz hızı, gaz yoğunluğu, yüzey pürüzlülüğü vb.), baca tasarım ve yapımı ile ilgili kriterler (ısı yalıtımı, gaz sızdırmazlığı, ısı geçirgenlik direnci vb.), kısmen veya tamamen ihmal edilmiş veya basitleştirilmiştir.

Ampirik yöntemlerle belirlenen baca kesitleri fikir edinmek amacıyla kullanılabilirse de standartların istediği baca fonksiyonlarının doğrulanması ve belgelenmesi mümkün değildir.

Burada baca kesitinin bulunmasıyla ilgili olarak değişik zamanlarda ve değişik baca ve yakıt tiplerine göre kullanılmış ampirik formüller verilmiştir. Ancak bu formüller kullanılmadan önce iyice etüdülmelidir.

2.1.1.1. Redtenbacher Formülü:

$$F = \frac{m^\circ}{924 \sqrt{H}}$$

F	:	Kesit	m ²
m [°]	:	Baca gazı miktarı	kg/h
H	:	Baca yüksekliği	m

2.1.1.2. Otruba Formülü:

$$F = \frac{4,65 \cdot G_y \cdot V_{bg}}{0,3 H - 0,1 \Delta P_w}$$

G _y	:	Yakıt miktarı	kg/h
V _{bg}	:	Baca gazı miktarı	Nm ³ /kg
ΔP _w	:	Kazan üfleme basıncı	Pa
H	:	Baca yüksekliği	m

2.1.3. Wolf Formülü:

$$F = \left(\frac{H \cdot T_{bg} \cdot Q_N}{183 \cdot 10^4 \cdot a \left(1,2 - \frac{365}{T_{bg}} \right) H - 0,1 \Delta P_{wü}} \right)^{0,4}$$

T _{bg}	:	Baca gazı sıcaklığı	K
H	:	Baca yüksekliği	m
Q _N	:	Kazan ısı yükü	W
ΔP _{wü}	:	Kazan üfleme basıncı	Pa
a	:	Dörtgen geometrideki kesitin çevre uzunluğu	m

2.1.4. Gröber Formülü:

$$F = \frac{m^\circ}{\sqrt{H}} \sqrt{\frac{\lambda \cdot H / a + \sum \zeta}{1,5 \cdot 10^8 \cdot \rho_{bg} (\rho_{dh} - \rho_{bg})}}$$

m [°]	:	Baca gazı miktarı	kg/h
H	:	Baca yüksekliği	m
λ	:	Sürtünme katsayısı	-
ζ	:	Özel direnç	-
a	:	Dörtgen geometrideki kesitin çevre uzunluğu	m
ρ _{bg}	:	Baca gazı yoğunluğu	kg/m ³
ρ _{dh}	:	Dış hava yoğunluğu	kg/m ³

2.1.5. Winterberg Formülü:

$$F = \frac{Q_N + 10000}{\sqrt{H} \cdot (25 + 2 \sqrt[4]{Q_N})}$$

Q _N	:	Kazan ısı yükü	W
H	:	Baca yüksekliği	m

2.1.6. Weber Formülü:

$$F = \frac{V_{bg}}{\sqrt{H}} \sqrt{\frac{(\lambda_v \cdot H / a + \sum \zeta) \rho_{bg}}{2g \frac{\Delta P_b}{\Delta P_t} (\rho_{dh} - \rho_{bg})}}$$

V _{bg}	:	Baca gazı hacmi	m ³ /h
H	:	Baca yüksekliği	m
λ _v	:	Sürtünme katsayısı	-
a	:	Dörtgen geometrideki kesitin çevre uzunluğu	m
ζ	:	Özel direnç	-
ρ _{bg}	:	Baca gazı yoğunluğu	kg/m ³
ρ _{dh}	:	Dış hava yoğunluğu	kg/m ³
g	:	Yer çekimi ivmesi	m/sn ²
ΔP _b	:	Baca basınç kaybı	Pa
ΔP _t	:	Toplam basınç kaybı	Pa

2.1.7. Münz Formülü: (Beton bacalar için)

$$F = \frac{Q_N}{1,86 \cdot 10^5 \sqrt{\frac{H \cdot (H + 35)}{0,02 H + \sum \zeta} D_h}}$$

Q _N	:	Kazan ısı yükü	W
H	:	Baca yüksekliği	m
D _h	:	Eşdeğer hidrolik çap	m
ζ	:	Özel direnç	-

2.1.8. Behrens Formülü:

$$F = k \frac{Q_N}{\sqrt{H}}$$

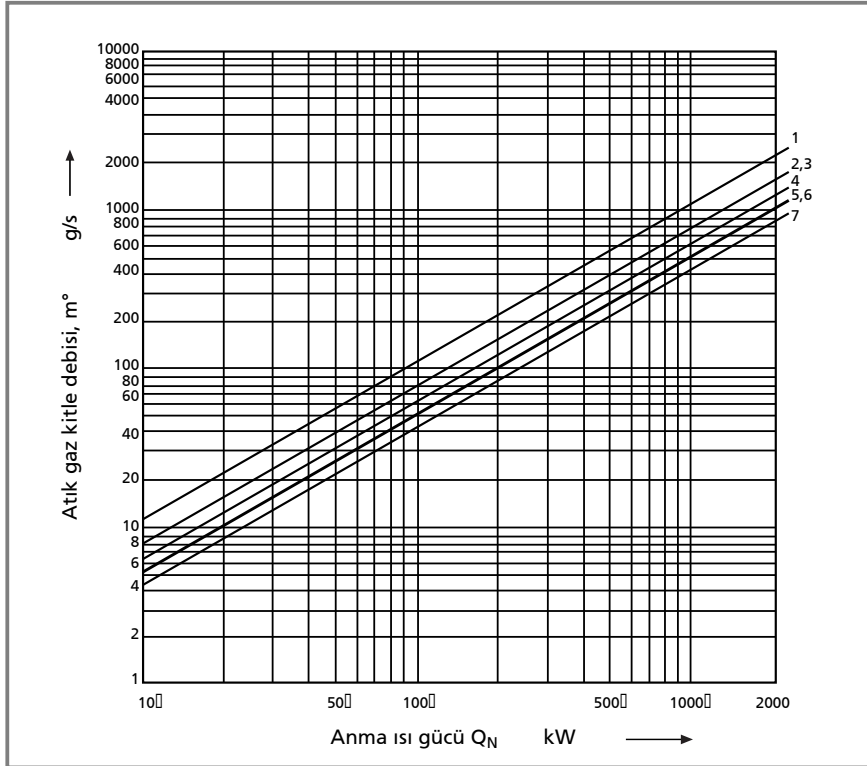
Q_N : Kazan ısı yükü	kcal/h
H : Baca yüksekliği	m
k : Yakıt katsayısı olup, değişik ülkelerde aşağıdaki gibi alınmaktadır.	
ABD	0,01
Almanya DIN 4705	0,02
İngiltere	0,0235
İsviçre	0,03
Fransa	0,03164
Türkiye Doğalgaz	0,01-0,012
Fuel-oil	0,02
Kömür	0,03

2.1.9. Presttorf Formülü:

$$F = \frac{V_{bg}}{4320 \cdot \sqrt{H/4}}$$

V_{bg} : Baca gaz hacmi (normal şartlarda)	m^3/kg
H : Baca yüksekliği	m

Yukarıdaki formüllerle baca kesiti hesaplamalarında kullanılacak olan doğal gazlı cihazların atık gaz kütleli debisine ait diyagram 1 aşağıdadır. Doğal gaz dışındaki diğer yakıtlar için diyagramlar TS 2165/Nisan 1994, Şekil 1.6'da bulunabilir.



σ (CO ₂) %	4	6	Atmosferik (üflemeziz brulör)	8	10	Üflemezli brulör	12
Diyagramdaki eğri numarası	1	2	3	4	5	6	7

Diyagram 1. Doğal gaz için atık gaz kütle debisi (m³) (TS 2165/Nisan 1994-fiekil 3- Sh.41).

2.2. Üretici Firmaların Abakları

Kullanılarak Baca Hesabı

Diğer hesaplama yöntemlerinde oldukça uzun, komplike olup birçok diyagram ve tablodan aktarılarak yapılmaktadır. Buna karşın değişik baca firmalarının kendi ürünleri için, baca deneyimleri doğrultusunda geliştirdiği, gerekli incelemeleri yaparak oluşturduğu pratik baca seçim diyagramları ve abakları da kullanılabilir. Ancak bu abakların uygulamalarda kullanılabilmesi için üretici firma tarafından her model için ayrı ayrı testleri yapılmış ve akredite edilmiş bir kurumdan onaylanmış belgelere sahip olması gerekir. Böyle olsada bu abaklar kullanarak sadece baca kesiti belirlenebilir. Baca fonksiyonlarının etüdünün yapılması ve termodinamik hesaplar ile doğrulanması ile belgelendirilmesi bu yöntemle mümkün değildir.

Ayrıca yapılan baca seçimi sadece üretici firma tarafından hazırlanan baca modeli ve belirtilen bacanın kullanılması halinde geçerli olacaktır. Üretici firmalardan birisine ait örnek, Abak 1'de görülmektedir.

2.3. Yanma Verileri ile Baca Gazı Hızına Göre Baca Hesabı

Baca kesitinin bulunması için güvenli sayılabilecek bir yöntemdir. Burada düzeltilmiş baca gazı debisi ve baca gazı hızına göre bacanın kesiti tesbit edilir. Diyagram 2'den baca gazı hızı bulunduğundan sonra aşağıdaki formüllerle gerekli hesaplamalar yapılmaktadır.

2.3.1. Hesaplama Kullanılacak Formül ve Değerler

$$\text{Yakıt miktarı} = B = Q_N / \eta \cdot H_u \quad \text{Nm}^3/\text{h}$$

Burada,

$$Q_N = \text{Cihaz kapasitesi} \quad \text{kcal/h}$$

$$\eta = \text{Cihaz verimi}$$

$$H_u = \text{Yakıtın alt ısı değeri} = 8500 \text{ kcal/Nm}^3$$

Toplam baca gazı hacmi (normal şartlarda):

$$V_{bg} = V_{bg(\text{yakıt})} \times B \text{ şeklinde verilebilir.}$$

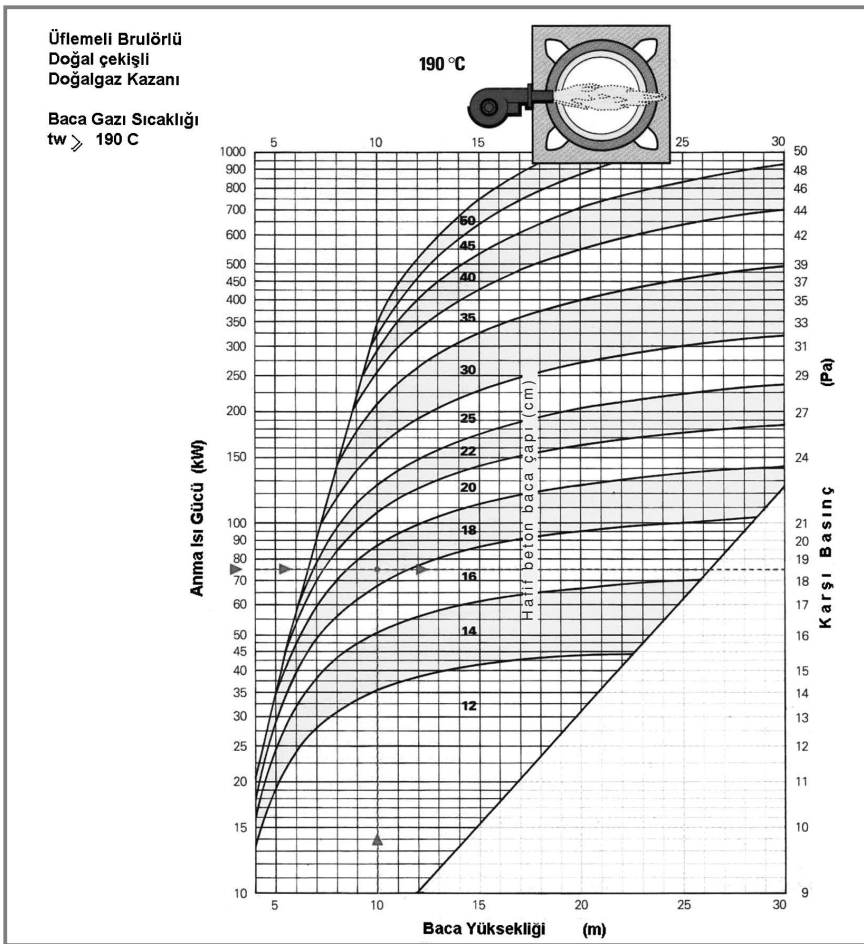
$$V_{bg(\text{yakıt})} = \text{Yakıtta göre baca duman gazı miktarı} \quad \text{Nm}^3/\text{Nm}^3 \text{ veya } \text{m}^3/\text{m}^3$$

$$B = \text{Yakıt Miktarı} \quad \text{Nm}^3/\text{h}$$

Yanma ve atık gazlara ilişkin bazı değerler Çizelge 1'de gösterilmiş (TS 2165/Nisan 1994-Çizelge 1-Şh.30).

Yakıt Türü	Alt ısı değer	Gerekli yanma havası	Yanma sonucu oluşan baca gazı	Atık gazdaki nemi	Yanmada ideal CO ₂ oranı
	kWh/kg veya kWh/m ³	m ³ /kg veya m ³ /m ³	m ³ /kg veya m ³ /m ³	m ³ /kg veya m ³ /m ³	%
	H _u	V _{hava}	V _{dgazı}	V _{H₂O}	σ(CO ₂)
Kok	8,06	7,64	7,66	0,13	20,6
Yağ yakıt	11,86	10,52	11,26	1,49	15,4
Doğal gaz H	10,03	8,67	9,57	1,86	12,0
Doğal gaz L	9,03	7,87	8,63	1,70	11,8
Hava gazı (Berlin)	4,31	3,55	3,86	1,05	11,8
Hava gazı (GSP)	4,21	3,69	3,75	0,86	12,1
LPG	26,67	22,46	24,51	4,10	13,8
Oduun (%23,1 nemlilikte) ¹	3,70	3,44	3,45	0,80	20,5

Çizelge 1. 400 °C'ye kadar (C_p, λA ve ηA) atık gazın kütle debisi m³, özgül gaz sabiti R, sınıma Cp, su buharı çir noktası sıcaklığı tp, siletim katsayısı λA ve dinamik viskozite ηA'nin tayini için hesaplama değerleri (TS 2165/Nisan 1994-Çizelge 1-Sh.30).



Abak 1. Schiedel firmasının üflemleri brülör için baca abakları Tw ≥ 160 °C ve 0 Pa için.

Düzeltilmiş duman gazı miktarı :

$$V = V_{bg(yakıt)} [(P_o / P) \times (T / T_o)]$$

$$V_{bg(doğalgaz)} = \text{Doğal gaz H için baca gazı miktarı} = \text{Çizelge 1'den} : 9,57 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3$$

$$P_o = \text{Atmosferik basınç (deniz seviyesinde)} = 1013 \text{ mbar}$$

$$P = \text{Atmosferik basınç (Ankara)} = 915 \text{ mbar}$$

$$T = \text{Atık gazın ortalama sıcaklığı} = 273 + \text{baca gazı sıcaklığı (°C)}$$

$$T_o = \text{Mutlak sıcaklık} = 273 \text{ K}$$

Diyagram 2'den

$$\text{Baca gazı hızı} = W = 1,55 \text{ m/sn}$$

$$\text{Baca kesiti} : F = V / W \cdot 3600 \quad \text{cm}^2$$

$$\text{Baca kesiti} : A = m^2 / W_m \cdot \rho_m \quad \text{cm}^2$$

Atık gaz yoğunluğu

$$\rho_m = P_L / R \cdot T \quad \text{kg/m}^3$$

Burada

$$P_L = \text{Dış hava basıncı} = 915 \text{ mbar}$$

$$= 91500 \text{ Pa (Ankara için)}$$

R = Atık gazın gaz sabitesi

$$= R_L [1 + f_R \cdot \sigma(\text{CO}_2)] \quad \text{J/kgK}$$

$$R_L = \text{Havanın gaz sabitesi} = 288 \quad \text{J/kgK}$$

$$f_R = 0,0033 \quad \text{Çizelge 1'den}$$

$$(TS 2165/Nisan 1994-Çizelge 1-Sh.30)$$

$$\sigma_{(\text{CO}_2)} = 0,12 \quad \text{Çizelge 1}$$

$$(TS 2165/Nisan 1994-Çizelge 1-Sh.30)$$

$$T = \text{Atık gazın ortalama sıcaklığı} \quad \text{K}$$

2.4. MMO /2003/352 Kalorifer Tesisatı Kitabına Göre Baca Hesabı

Bir yakma sisteminde basınç kayıpları ve baca çekişi için temel bağıntı

$$P_H = P_L + P_W + P_A + P_E \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir.

Burada,

$$P_H : \text{Doğal baca çekişi} \quad \text{Pa}$$

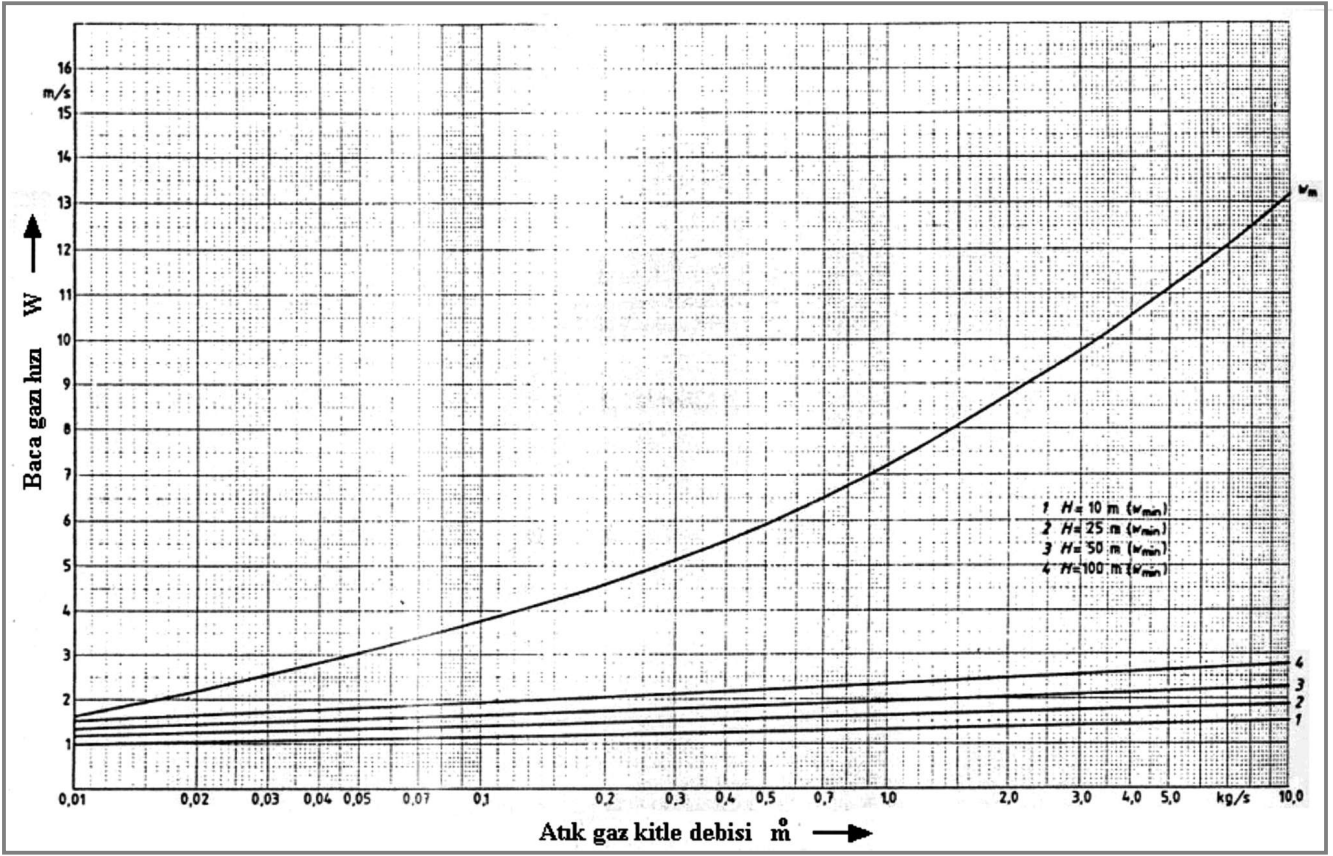
$$P_L : \text{Yakma havası emilmesi için basınç kaybı} \quad \text{Pa}$$

$$P_W : \text{Kazandaki basınç kaybı} \quad \text{Pa}$$

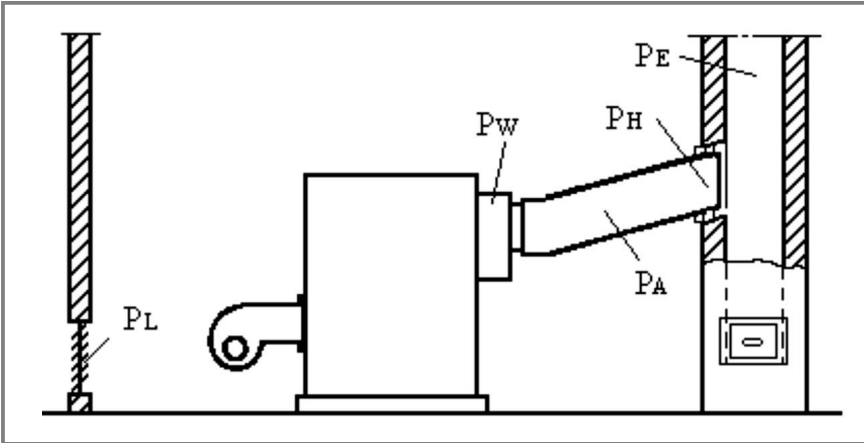
$$P_A : \text{Bağlantı kanalındaki basınç kaybı} \quad \text{Pa}$$

$$P_E : \text{Bacadaki basınç kaybı anlamındadır.} \quad \text{Pa}$$

Buradaki hesap deneme yanılma yöntemiyle yapılır. Önce baca ön kesiti genellikle ampirik hesaplar yapılarak veya abaklardan seçilir. Çekiş ve basınç kayıpları hesaplanır. Bu değer (1) formülüne taşınarak eşitliğin sağlanması



Diyagram 2. Tavsiye edilen minimum baca gazı hızları (Atık gaz kitle debisine göre) [$m^3/s \approx 0,5 \div 65 Q / 1000$ formülüünden yaklaşık olarak hesaplanır] (Formülde $Q=kW$).



Şekil 1. Bir kazanda basınç kayıpları ve baca çekiminin fematik gösterilimi (MMO/2003/352 Şekil 12.2.1).

sağlanmadığı kontrol edilir. Eşitlik sağlanıyorsa seçilen kesit kabul edilir. Aksi halde bu eşitlik sağlanana kadar yeniden seçim yapılır.

2.4.1. Hesap Adımları

2.4.1.1. Baca Kesiti (A)

MMO/2003/352 Ek XI-1a, b, c, d'deki abaklarda yakıt ve yakıcı türüne göre seçilir.

2.4.1.2. Duman Gazı Kütleli Debisi (m^3)

$$m^3 = k \times q_K / 1000 \quad \text{kg/sn} \quad (2)$$

k = Katsayı Şekil 2

q_K = Kazan kapasitesi kW
2.4.1.3. Baca Çekimi P_H

$$P_H = g \times H (\rho_o - \rho_h) \quad \text{Pa} \quad (3)$$

Burada,
 g = Yerçekimi ivmesi = 9,81 m/s²
 H = Baca yüksekliği m
 ρ_o = Dış Hava Yoğunluğu kg/m³
 $\rho_o = 1,27 (273/273+T_o)$
 ρ_h = Baca gazı yoğunluğu kg/m³
 $\rho_h = 1,27 (273/273+T_{bg})$

P_H değeri yukarıdaki gibi (3) formülüyle

2.4.1.4. Hava Emilmesi için Baca Kaybı (P_I)

Bu değer kömürlü kazanlar için Şekil 4'den alınabilir. Sıvı ve gaz yakıtlar için $P_L = 0$ alınacaktır.

2.4.1.5. Kazan Gaz Tarafı Basınç Kaybı (P_W)

Bu değer kazan kataloğundan alınır. Kazan üreticisi tarafından böyle bir değer verilmemişse Şekil 3'den alınabilir (MMO/2003/352 Şekil 12.2.2) veya MMO/2003/352 Ek IX-1'deki abaklardan da (TS 2040) yararlanılabilir.

2.4.1.6. Bağlantı Kanalı ve Bacadaki Basınç Kayıpları (P_A) ve (P_E)

Bağlantı kanalındaki basınç kaybı (P_A);

$$P = 0,75 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot (f \cdot L / d + \Sigma \zeta) \quad \text{Pa} \quad (4)$$

Burada,

ρ = Duman gazının yoğunluğu kg/m³

V = Duman gazının hızı m/s

Formül (4b) veya MMO/352 (formül 2.2.6)

f = Sürtünme katsayısı. Şekil 5'den alınabilir.

L = Bağlantı kanalı veya baca boyu m

d = Bağlantı kanalı veya baca hidrolik çapı, m

$\Sigma \zeta$ = Özel dirençler toplamı

Çizelge 3 veya MMO/352 (Çiz.12.2.1-12.2.2)

$$\rho = \text{Duman yoğunluğu} \quad \text{kg/m}^3$$

$$\rho = 1,27 (273 / 273 + T) \quad \text{kg/m}^3 \quad (4a)$$

$$T = \text{Baca gazı sıcaklığı} \quad ^\circ\text{C}$$

$$\text{Duman kanalı veya bacadaki gaz hızı}$$

$$V = m^{\circ} / \rho \cdot A \quad \text{m/s} \quad (4b)$$

$$m^{\circ} = \text{Baca gazı miktarı} \quad \text{kg/s}$$

$$\rho = \text{Baca gazı yoğunluğu} \quad \text{kg/m}^3$$

$$A = \text{Duman kanalı kesit alanı} \quad \text{m}^2$$

2.5. TS 2165 (DIN 4705)'e Göre Basitleştirilmiş Baca Hesabı

Baca hesabında kullanılan denklem:

$$P_H = P_W + P_A + P_E + P_O \quad (5)$$

şeklinde dir.

Burada,

$$P_H = \text{Baca çekişi} \quad \text{Pa}$$

$$P_W = \text{Kazandaki basınç kaybı} \quad \text{Pa}$$

$$P_A = \text{Bağlantı kanalındaki basınç kaybı} \quad \text{Pa}$$

$$P_E = \text{Bacadaki basınç kaybı} \quad \text{Pa}$$

$$P_O = \text{Hava temindeki basınç kaybı} \quad \text{Pa}$$

olarak verilmiştir. Bu denklem bacadaki doğal çekişin, olabilecek basınç düşümlerine eşit olması gerektiğini ifade etmektedir.

2.5.1. Duman Gazı Miktarının Belirlenmesi

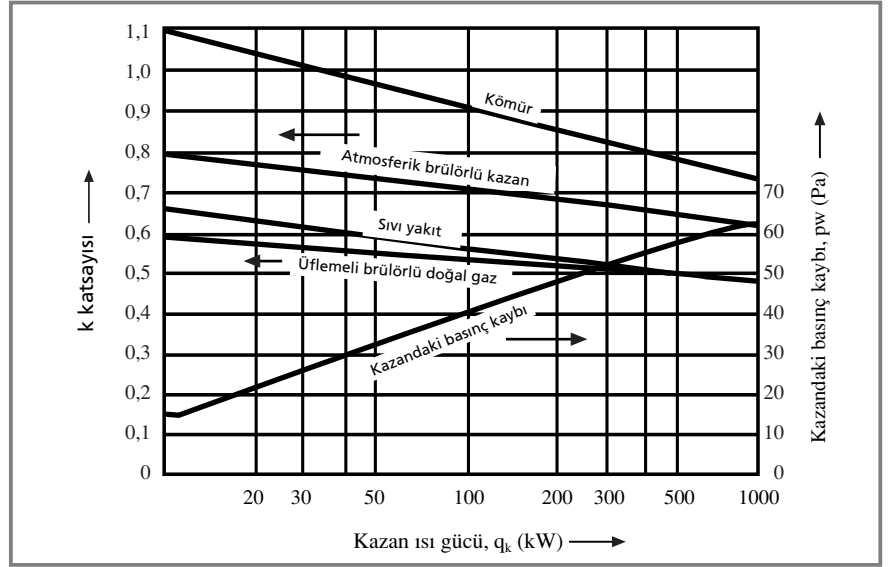
Hesaba başlayabilmek için öncelikle duman gazı miktarının belirlenmesi gerekir. Farklı yakıtlar için duman miktarı yaklaşık olarak,

$$m^{\circ} = k \times Q_N / 1000 \quad \text{kg/sn} \quad (6)$$

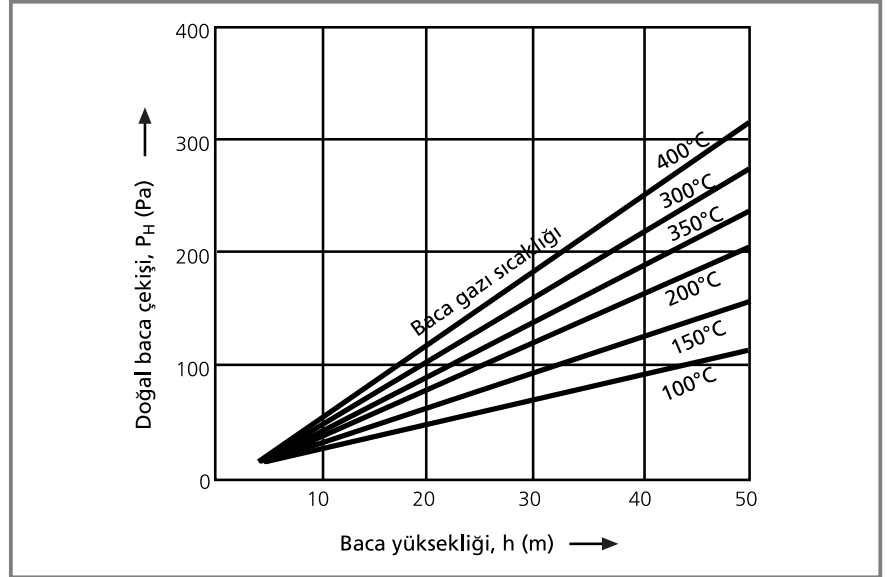
ifadesi ile bulunabilir. Burada Q_N (kW) kazan ısı gücüdür. Formüldeki katsayı ise Şekil 7'den okunabilir.

2.5.2. Bacadaki Duman Gazı Sıcaklığının Belirlenmesi

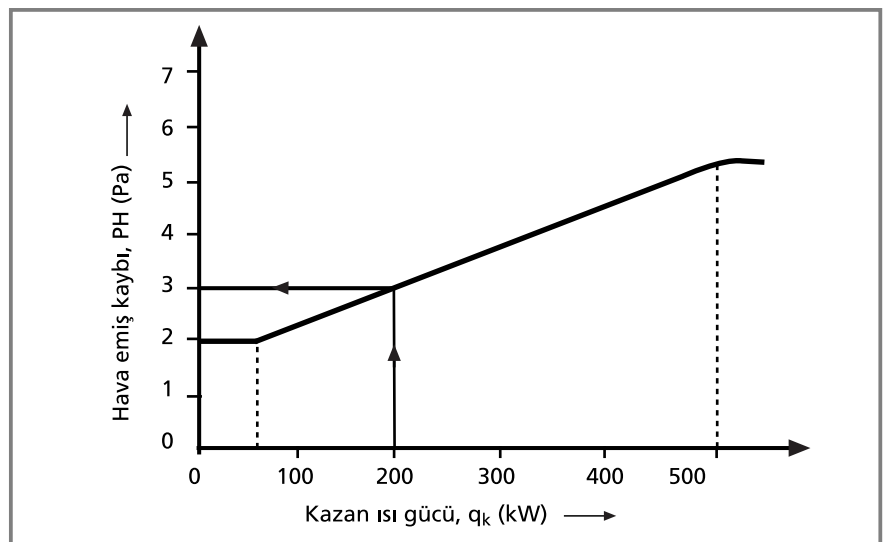
Kazanı terk eden dumanların sıcaklığı (baca gazı sıcaklığı) kazan üreticisi firma tarafından verilir. Baca gazları içinde bulunan su buharının ve asit buharlarının baca iç yüzeylerinde yoğunlaşması için, minimum iç yüzey sıcaklıkları Şekil 8a ve Şekil 8b'de verilmiştir.



Şekil 2. Duman gazı miktarı hesabı için k katsayısı ve yaklaşık kazan basınç kaybı (MMO/2003/352 Şekil 12.2.2).



Şekil 3. Baca çekişi, P_H diyagramı (MMO/2003/352 Şekil 12.2.3)



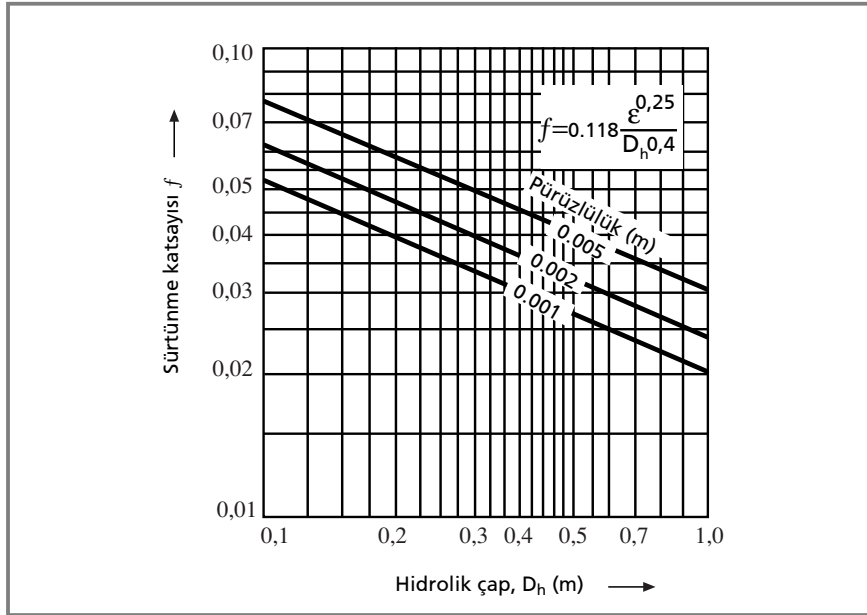
Şekil 4. Hava emiş kaybı, P_H diyagramı (MMO/2003/352 Şekil 12.2.4).

Baca veya kanal cinsi	ϵ , Pürüzlülük değeri (m)
Çelik borular	0,001
Metal kanallar	0,0015
Beton bacalar	0,002
Şamot bacalar	0,002
Tuğla bacalar	0,004

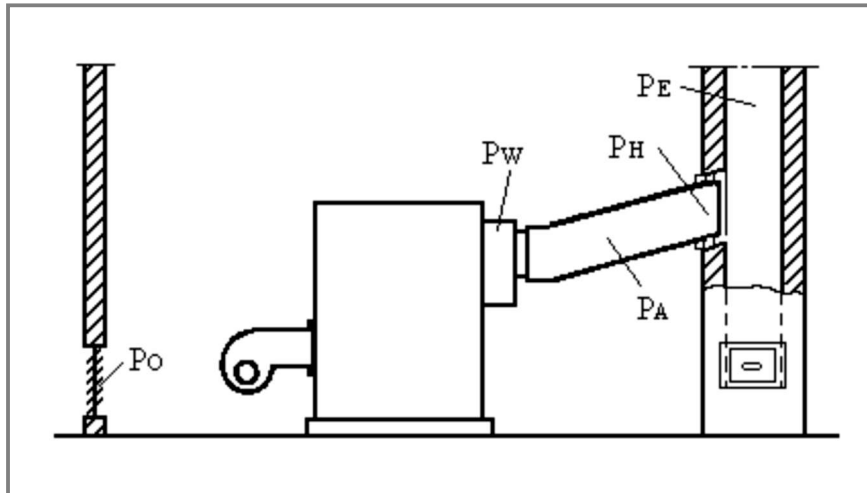
Çizelge 2. Bacalar ve bağlantı kanalları için pürüzlülük değerleri (MMO/2003/352 Çizelge 12.2.1).

Yerel kayıp	Kayıp katsayısı (Z)
30° dirsek	0,2
45° dirsek	0,3
90° dirsek	0,6
Kanalın bacaya dik girişi	1,00
Kanalın bacaya 30° açıyla girişi	0,8
Kanalın bacaya 45° açıyla girişi	0,6
Baca çıkışı	1,00

Çizelge 3. Bacalar ve bağlantı kanalları için ζ özel direnç katsayıları (MMO/2003/352 Çizelge 12.2.2).



Şekil 5. Bacalar için f sürtünme katsayıları (MMO/2003/352 Şekil 12.2.5).



Şekil 6. TS 2165 (DIN 4705)' e göre basitleştirilmiş baca hesabı.

2.5.3. Gaz Akış ile İlgili Büyüklüklerin Belirlenmesi

2.5.3.1. Hidrolik Çap, Dh

Dairesel kesiti olmayan baca ve kanalların eşdeğer hidrolik çapı

$$D_h = 4 F / U \quad \text{m} \quad (7)$$

şeklinde bulunur.

$$F = \text{Baca kesiti} \quad \text{m}^2$$

$$U = \text{Kesitin çevresel uzunluğu} \quad \text{m}$$

2.5.3.2. Boru ve Kanalların Pürüzlülüğü, r

Baca ve bağlantı kanalı yapımında kullanılacak malzemelerin pürüzlülük değeri Şekil 9'da verilmiştir.

2.5.3.3. Sürtünme Basınç Kayıp Katsayısı, λ

Baca ve bağlantı kanallarındaki sürtünme basınç kaybı katsayısı, pürüzlülük değeri ve hidrolik çapa bağlı olarak Şekil 10'dan okunabilir.

2.5.3.4. Özel Kayıp Katsayısı, ζ

Dirsek vs. gibi yerel kayıp noktalarındaki özel kayıp katsayıları Şekil 11'de verilmiştir. Göz önüne alınan bir baca veya bağlantı kanalındaki özel katsayıların toplamı, $\Sigma \zeta$ ile gösterilir.

2.5.3.5. Baca Gazlarının Yoğunluğu, ρ_A

Gazların yoğunluğu sıcaklığa ve dış basınca bağlıdır. Basınca olan bağıllık ihmal edilirse herhangi bir T (°C) sıcaklığındaki gazın yoğunluğu,

$$\rho_A = 1,27 (273 / 273 + T) \quad \text{kg/m}^3 \quad (8)$$

ifadesi ile bulunabilir.

2.5.3.6. Ortalama Gaz Hızı, V

Baca veya bağlantı kanalındaki gaz hızı, duman debisinin kesite bölünmesi ile bulunur.

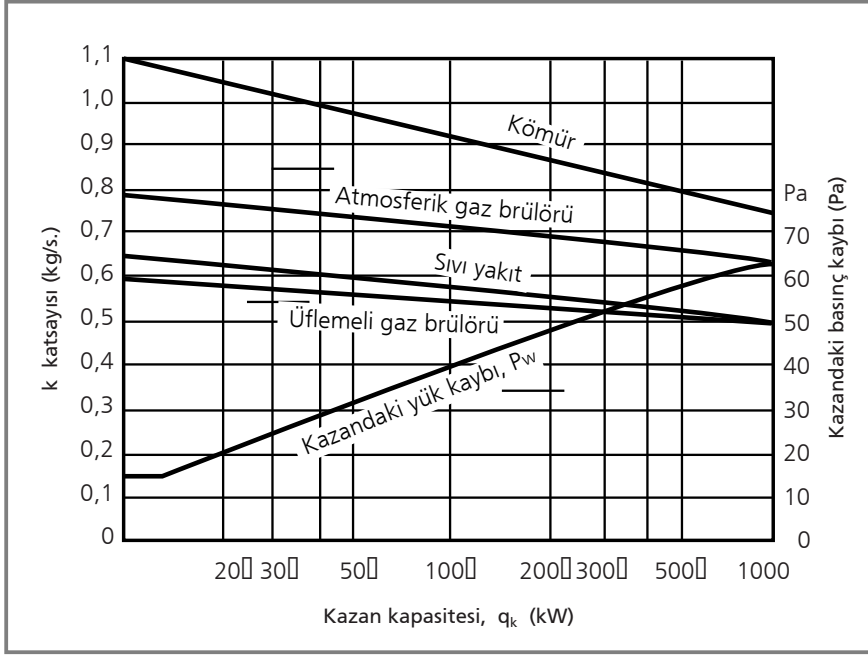
$$V = m^\circ / \rho_A \cdot F \quad \text{m/sn} \quad (9)$$

$$F = \text{Duman kanalı kesit alanı} \quad \text{m}^2$$

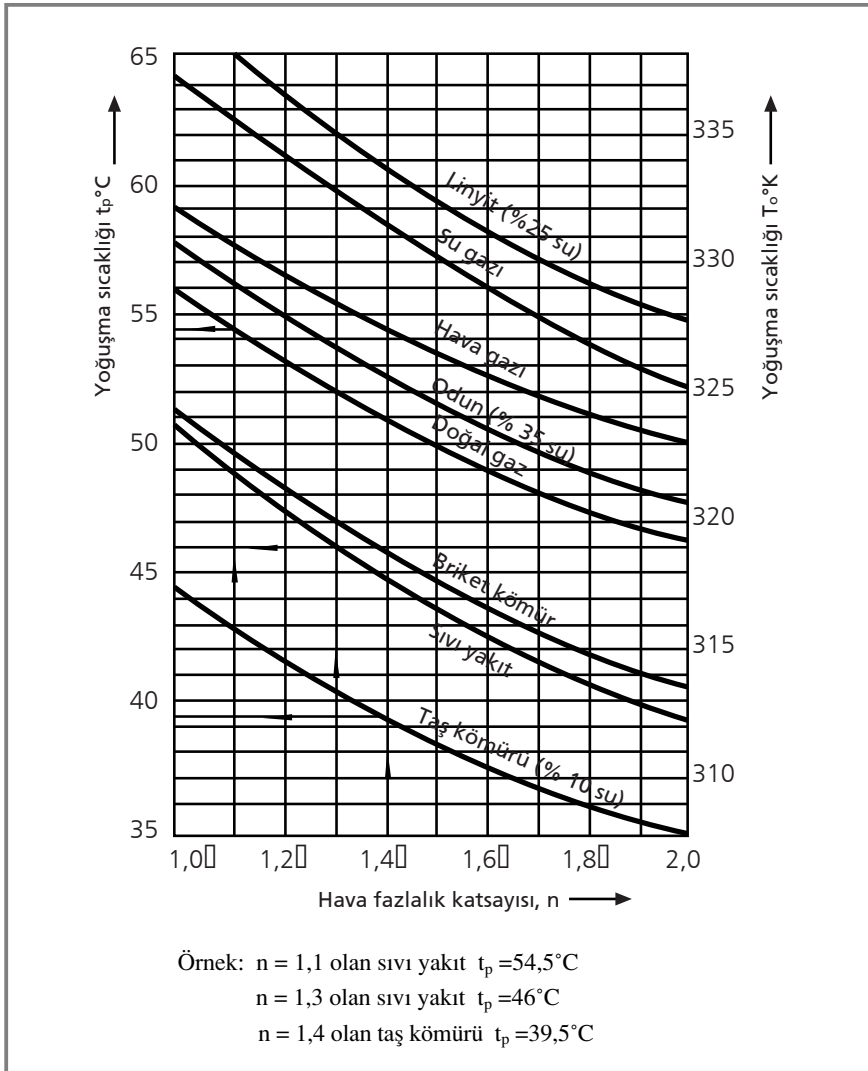
$$m^\circ = \text{Baca gazı miktarı} \quad \text{kg/sn}$$

$$\rho_A = \text{Baca gazı yoğunluğu} \quad \text{kg/m}^3$$

Doğal çekişli bacalarda gaz hızı 4 m/sn değerini aşmamalıdır. Baca hesaplarında ilk yaklaşım için bu değerden yararlanabilir.



Şekil 7. Kazan cinsi ve gücüne bağlı olarak duman gazı miktarı ve kazandaki yük kaybı.



Şekil 8a. Farklı yakıtların baca gazlarındaki su buharı yoğunlaşma sıcaklıkları.

2.5.4. Basınç Kayıplarının Belirlenmesi

2.5.4.1. Bacadaki (P_E) ve baca bağlantı kanalındaki (P_A) basınç kayıpları

$$P = 1,5 (\lambda H / D_h + \Sigma \zeta) \rho_A (W^2/2) \quad \text{Pa} \quad (10)$$

λ = Sürtünme kayıp katsayısı (Şekil 10)

H = Baca yüksekliği veya bağlantı kanalı uzunluğu, m

D_h = Hidrolik çap, m (Formül 7)

$\Sigma \zeta$ = Toplam özel kayıp katsayısı

(Şekil 11 verilerine göre hesaplanarak)

ρ_A = Baca gazlarının yoğunluğu, kg/m³ (Formül 8)

W = Ortalama gaz hızı, m/sn (Formül 9)

2.5.4.2. Kazandaki Basınç Kaybı, P_w

Kazan üreticileri tarafından kataloglarda belirtilir. Eğer bu değer kataloglarda yoksa Şekil 7'den yaklaşık bir değer okunabilir. Kazandaki basınç kaybı sadece düşük basınçlı üfleli brülör kullanan kazanlar için hesaba katılır. Yüksek basınçlı üfleli brülörler ve atmosferik brülörlerde kazan basınç kaybı brülör tarafından karşılanır.

2.5.4.3. Hava Teminindeki Basınç Kaybı, P_O

Sadece üfleli kömür kazanları için söz konusudur. Bu değer yaklaşık olarak Şekil 12'de verilmiştir.

2.5.5. Baca Çekiminin Belirlenmesi

Doğal baca çekişi P_H, baca gazlarının sıcaklığına ve baca yüksekliğine bağlıdır.

$$P_H = H \times g (\rho_H - \rho_A) \quad \text{Pa} \quad (11)$$

ifadesi ile bulunabilir. Burada,

H = Baca yüksekliği m

g = Yerçekimi ivmesi 9.81 m/sn²

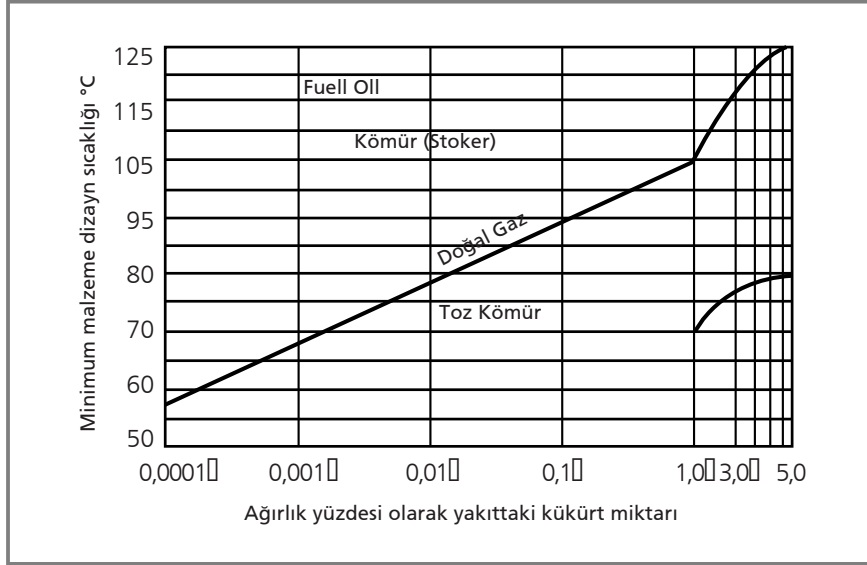
ρ_H = Hava yoğunluğu 1.15 kg/m³

ρ_A = Yakıt yoğunluğu kg/m³

olup, bu eşitlik Şekil 13'de verilmiştir.

2.5.6. Hesap Yöntemi

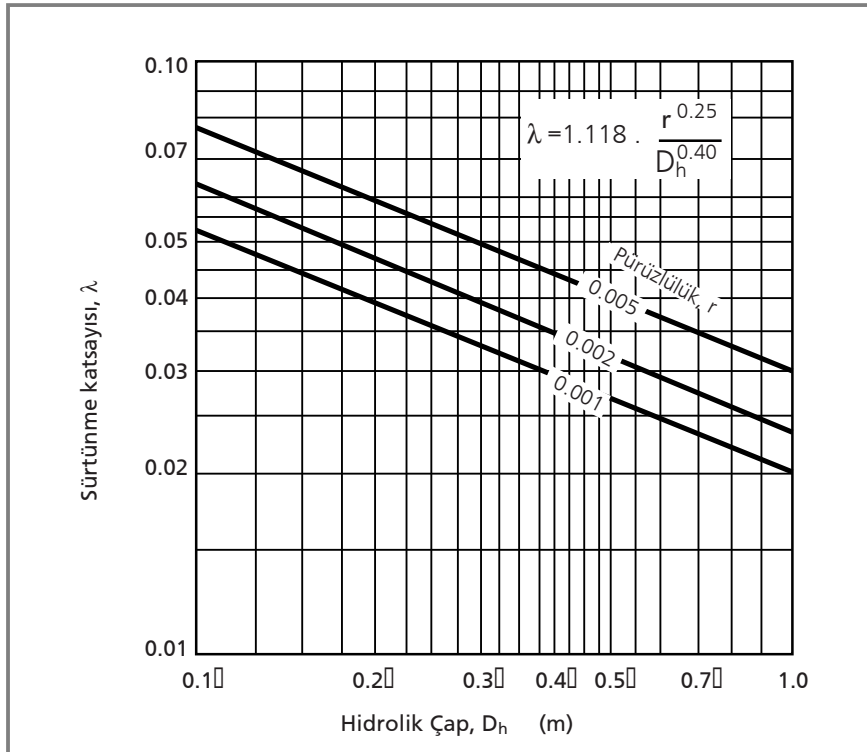
Hesap deneme - yanılma yöntemine dayanır. Verilen bir durumda, baca kesitini belirlemek için önce baca çapı tahmin edilir. Tahmin edilen baca çapı kullanılarak basınç kayıpları ve doğal baca çekişi hesaplanır. Bulunan değerler (5)'nolu denklemde yerine konularak eşitliğin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Eşitlik sağlanıyorsa seçilen çap uygundur. Aksi halde yeni bir çapla hesap tekrarlanır.



fiakil 8b. Kükürt içeriğine karşılık minimum malzeme sıcaklığı.

Malzeme	Pürüzlülük, r	
	den	'e kadar
Çelik çekme boru		0.0005
Orta derecede paslı boru	0.0005	0.0015
Metal kanal	0.0015	0.002
Beton kanal	0.001	0.003
Şamot tuğlası	0.001	0.002
Kağır kanal sıvalı	0.003	0.005

fiakil 9. Farklı malzemeden boru ve kanallardaki pürüzlülük, r değeri.



fiakil 10. Bacalar için sürtünme katsayısı.

3. Baca Hesabı Örnekleri

Aşağıda daha önce anlatılan yöntemlerle aynı verilere sahip bir ısıtma cihazının bacası için hesap örnekleri bulunmaktadır.

3.1. Örnek Hesaplar için Veriler

3.1.1. Ana Veriler

Anma Isı Gücü = 350 kW = 301.000 kcal/h
Yakıt Türü = Doğalgaz
Baca Yüksekliği = 20 m

3.1.2. Katalog veya Üretici Firma Verileri

Atık gaz sıcaklığı = 170 °C
Kazan verimi = % 92
Kazan üfleme basıncı = 160 Pa

3.1.3. Derinlik Literatürlerden Alınan Veriler

Atık gaz kitle debisi = 180 g/s = 0,18 kg/s
Diyagram 1'den (TS 2165/Nisan 1994-Şekil 3-Sh.41).

Duman Gazı Miktarı = 9,57 Nm³/ Nm³
Çizelge 1'den (TS 2165/Nisan 1994 -Çizelge 1-Sh.30).

3.1.4. Kullanım Yer ve Kullanım Özellikleri

Brülör tipi = Üflemlerli alçak basınçlı
Tesisin yeri = Ankara
CO₂ oranı = % 10

Duman kanalı bilgileri:

Bağlantı çapı = 25 cm

Redüksiyon (kazan duman kanalı çıkışı, duman kanalı girişi) = 1 adet

Dirsek (90°) = 4 adet

Eşdeğer uzunluk = 4 m

Malzemesi = Paslanmaz çelik

3.2. Amirik Formüllerle Baca Hesabı Örneği

350 kW kazan ve % 10 CO₂ için diyagram 1'deki 5 nolu eğri kullanılarak atık gaz kitle debisi = 180 g/s = 0,18 kg/s bulunur. Doğal gaz H için Çizelge 1'den duman gazı miktarı m^o = 9,57 Nm³/ Nm³ bulunur.

3.2.1. Redtenbacher formülüyle;

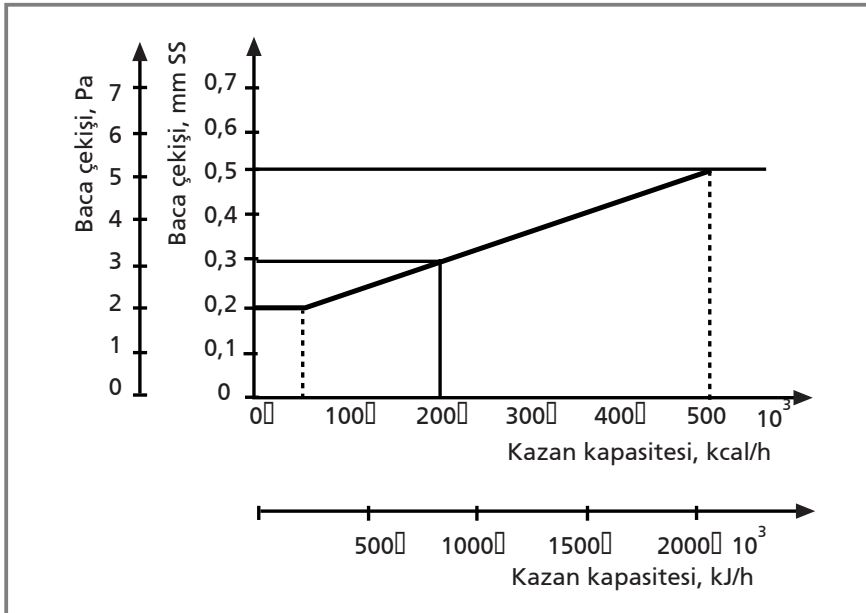
F = m^o / 924 √ H
F = 0,18 x 3600 / 924 √ 20
= 648 / 4132 = 0,1568 m² = 1568 cm²
Seçilen; Ø 45 cm veya 40 x 40 cm

3.2.2. Behrens formülüyle;

F = 0,010 . Q / √ H
F = 0,010 x 301.000 / √ 20
= 3010 / 4,472 = 673 cm²
Seçilen; Ø 30 cm veya 26 x 26 cm

Şekil	Geometrik ölçüler	ξ değeri
1	Keskin dirsek Açı α = 10° = 30° = 45° = 60° = 90°	Yuvarlak ξ = 0,1 Dikdörtgen ξ = 0,1 ξ = 0,2 = 0,4 = 0,7 = 0,8 = 1,2
2	Saplama $\frac{G_1}{G_2} = \frac{d_1}{d_2} = 1,0$	ξ = 1,0
3	Eğik Saplama $\frac{G_1}{G_2} = \frac{d_1}{d_2} = 1,0$	ξ = 0,4
4	Dirsek b = □ $\frac{R}{b} = 0,5$ = 0,75 = 1,0 = 1,5 = 2,0	Kare kesit için ξ = 1,0 = 0,5 = 0,3 = 0,2 = 0,2
5	Dirsek d = ∅ $\frac{R}{d} = 0,5$ = 0,75 = 1,0 = 1,5 = 2,0	Dairesel kesit için ξ = 0,8 = 0,4 = 0,3 = 0,2 = 0,2
6	Parçalı dirsek d = ∅ a = 1,0 = 1,5 = 2,0 = 3,0 = 5,0	Parça sayısı ξ = 0,6 = 0,4 = 0,4 = 0,5 = 0,4 = 0,4 = 0,5 = 0,4 = 0,4 = 0,6 = 0,4 = 0,4 = 0,7 = 0,5 = 0,4
7	Redüksiyon F ₁ = 0,1 F ₂ = 0,2 = 0,4 = 0,6 = 0,8	Kesit genişlemede ξ = 0 = 0,47 = 0,42 = 0,33 = 0,25 = 0,15
8	Redüksiyon Açı α = 30° = 45° = 60°	ξ = 0,02 = 0,04 = 0,07

fişkil 11. Çeşitli elemanlar için yerel kayıp katsayıları.



fişkil 12. Kapasite/çekim diyagramı.

3.2.3. Winterberg formülüyle;

$$F = Q_N + 10000 / \sqrt{H} \cdot (25 + 2 \cdot 4 \sqrt{Q_N})$$

$$F = 350.000 + 10.000 / \sqrt{20} (25 + 2 \cdot 4 \sqrt{350.000})$$

$$= 360.000 / \sqrt{20} \cdot (25 + 48,64)$$

$$F = 360.000 / 4,472 \times 73,64$$

$$= 360.000 / 329,318 = 1.093 \text{ cm}^2$$

Seçilen; Ø 37 cm veya 33x 33 cm

3.2.4. Presdorf formülüyle;

$$F = V_{bg} / 4320 \sqrt{H} / 4$$

$$F = 368 / 4320 \sqrt{20} / 4 = 368 / 9659$$

$$= 0,0381 \text{ m}^2 = 381 \text{ cm}^2$$

Seçilen; Ø 22 cm veya 20x 20 cm

$$\text{Yakıt Miktarı} = B = Q_N / \eta \cdot H_u$$

$$= 301.000 / 0,92 \times 8500 = 301.000 / 7820$$

$$= 38,491 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Baca Gazı hacmi (normal şartlarda);

$$V_{bg} = V_{bg(\text{doğalgaz})} \times B = 9,57 \times 38,491$$

$$= 368 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

3.2.5. Otruba formülüyle;

$$F = 4,65 G_y \cdot V_{bg} / (0,3 H) - (0,1 \cdot \Delta P_w)$$

Yakıt miktarı

$$B = 38,491 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0,76 = 29,25 \text{ kg/h}$$

Baca gazı miktarı

$$\text{Çizelge 1'den } V_{bg} = 9,57 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Karşı basınç = 0 Pa için

$$F = 4,65 \times 29,25 \times 9,57 / (0,3 \times 20) - (0,1 \times 0)$$

$$= 50052 / 6 = 216 \text{ cm}^2$$

Seçilen; Ø 17 cm veya 15 x 15 cm

Kazan karşı direnci = $\Delta P_w = 50 \text{ Pa}$ olursa;

$$F = 4,65 \times 29,25 \times 9,57 / (0,3 \times 20) - (0,1 \times 50)$$

$$= 1302 \text{ cm}^2$$

Seçilen; Ø 41 cm veya 36 x 36 cm

(60 Pa'dan yüksek kazan karşı basıncında bu formül geçersiz olacaktır).

3.2.6. rdeleme

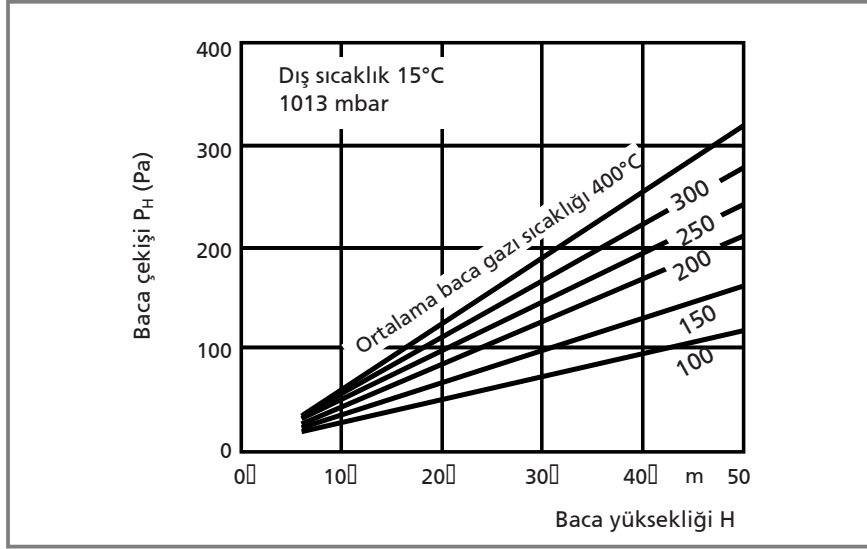
Hesaplanan kesite göre silindirik baca için çaplar veya kare baca için kesitler Çizelge 4'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere baca ebatlarında 4 kata kadar fark vardır.

3.3. Üretici Firma Abaklar Kullanarak Baca Kesiti Bulunması

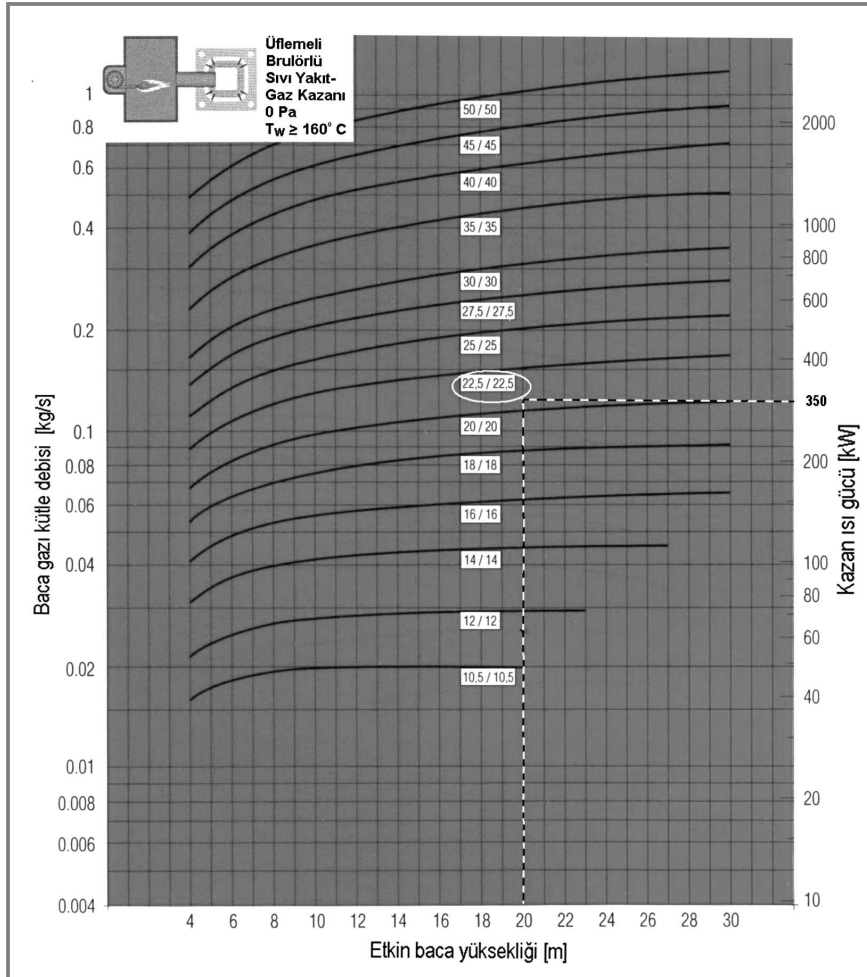
Plewa firmasının baca gazı sıcaklığı $T_w \geq 160^\circ\text{C}$ ve 0 Pa karşı basınca göre üflemleri brülör için düzenlenmiş baca abağından (abak no 2) yapılan seçime göre; gerekli baca kesiti; $22,5 \times 22,5 \text{ cm} = 506 \text{ cm}^2$ (veya hidrolik kesitli olarak Ø 26 cm) bulunmuştur.

		1	2	3	4	5	6
		Redtenbacher	Bahrens	Wintenberg	Presdorf	Otruba (1)	Otruba (2)
Kesit	cm ²	1568	673	1093	381	216	1302
Silindirik	Ø cm	45	30	37	22	17	41
Kare	cmxcm	40x40	26x26	33x33	20x20	15x15	36x36

Çizelge 4. Amprik formüllere göre seçilebilecek baca kesitlerinin karşılaştırılması.



Şekil 13. Baca çekişi.



Abak 2. Plewa firmasının üflemlü brülör için baca abakı (Tw ≥ 160°C ve 0 Pa için geçerlidir).

3.4. Yanma Verileri ile Baca Gazı Hızına Göre Baca Hesabı

Baca kesitinin bulunması için daha güvenli bir yöntemdir. Düzeltilmiş baca gazı debisi ve baca gazı hızına göre bacanın kesiti tesbit edilir.

3.4.1. Yakıt Miktarı

$$B = Q_N / \eta \cdot H_u = 301.000 / 0,92 \times 8500 = 301.000 / 7820 = 38,491 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

3.4.2. Baca Gazı Miktarı

Normal şartlarda,
 $V = V_{bg} \times B = 9,57 \times 38,491 = 368 \text{ Nm}^3/\text{h}$
 Düzeltilmiş duman gazı miktarı :

$$V = V_{bg} [(P_o/P) \times (T/T_o)]$$

$$P_o = 1013 \text{ mbar}$$

$$= 368 \{ (1013/915) \times [(273 + 170)/273] \}$$

$$P = 915 \text{ mbar (Ankara)}$$

$$= 368 \{ (1,107) \times [443 / 273] \} = 661 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.4.3. Atık Gazın Kütleli Debisi

Diyagram 1 (TS 2165/Nisan 1994-Şekil 3-Sh.41)'den $m^0=0,18 \text{ kg/h}$ olarak alınabilir.

3.4.4. Duman Gazı Miktarı

$9,57 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3$ Çizelge 1 (TS 2165/Nisan 1994-Çizelge 1-Sayfa 30).

3.4.5. Hız

Diyagram 2'den $V = 1,55 \text{ m/sn}$ okunur.

3.4.6. Baca Kesiti Ön Hesabı

$$F = k \cdot Q / \sqrt{H} = 0,010 \cdot 301000 / \sqrt{20} = 3010 / 4,472 = 673 \text{ cm}^2$$

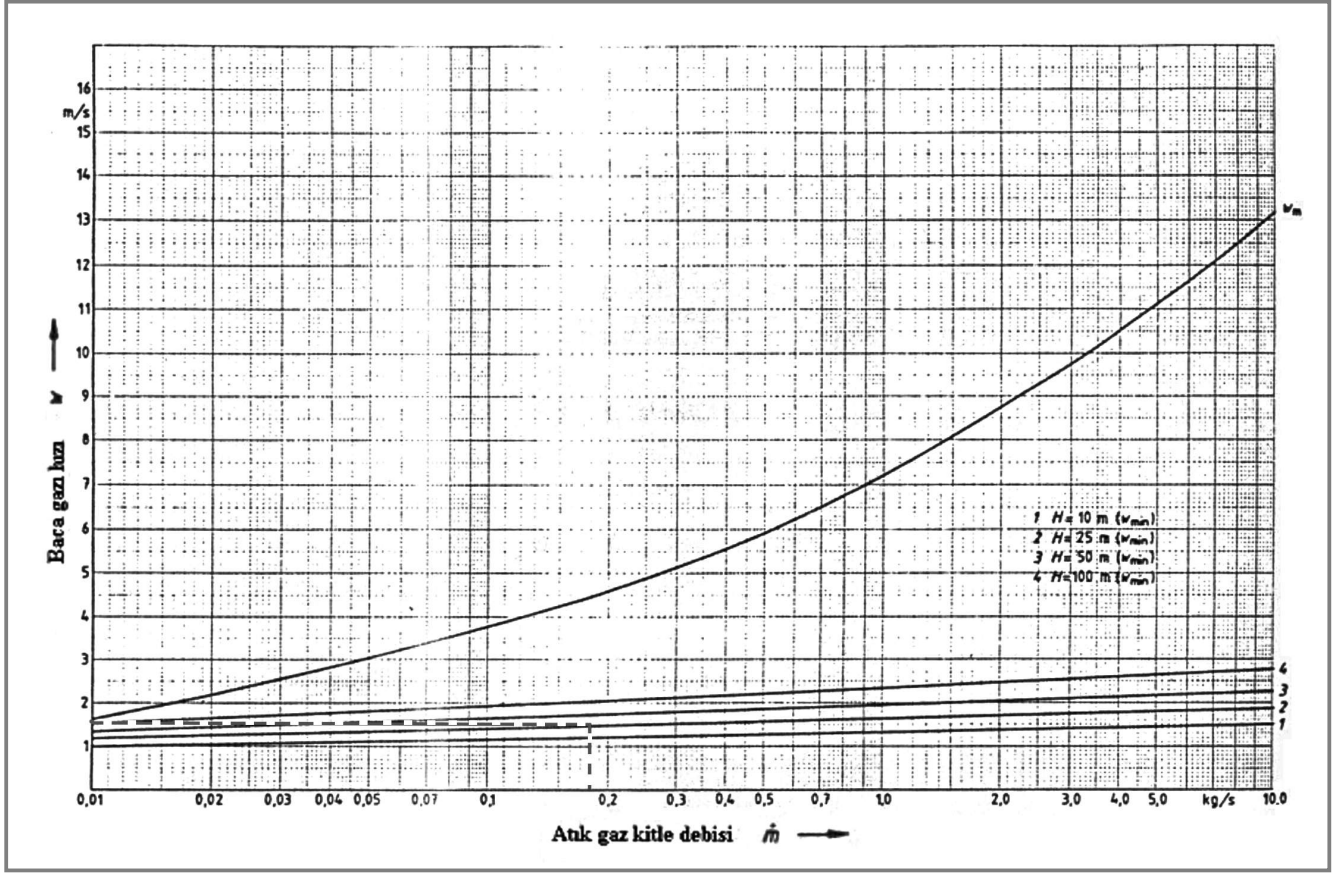
$$D = \sqrt{4F/\pi} = \sqrt{4 \cdot 673 / 3,141} = 29,27 \text{ cm}$$

Seçilen; Ø 30 cm'dir.

3.4.7. Atık Gaz Yoğunluğu

$$\rho_m = P_L / R \cdot T_m$$

$$P_L = \text{Dış hava basıncı} = 915 \text{ mbar} = 91500 \text{ Pa (Ankara için)}$$



Diyagram 3. Tavsiye edilen minimum baca gazı hızları (atık gaz kitle debisine göre) [$m^{\circ} \approx 0,5 \div 65 Q / 1000$ formülüünden yaklaşık olarak hesaplanır (Formülde $Q=kW$)].

$R =$ Atık gazın gaz sabitesi
 $R = R_L [1+f_R \cdot \sigma (CO_2)]$
 $= 288 [1 + 0,33 \times 0,12] = 299,4 \text{ J/kgK}$
 $R_L =$ Havanın gaz sabitesi = 288 J/kgK
 $f_R = 0,0033$
 $\sigma_{(CO_2)} = 0,12$
 $T_m =$ Atık gazın ortalama sıcaklığı
 $= 273 + 170 = 443 \text{ K}$
 Sonuçta;
 $\rho_m = 91500 / 299,4 \times 443 = 0,689 \text{ kg/m}^3$
 olarak bulunur.

3.4.8. Baca Kesiti

$$A = m^{\circ} / V_m \cdot \rho_m = 0,18 / 1,55 \times 0,689 = 0,1685 \text{ m}^2 = 1685 \text{ cm}^2$$

Seçilen baca : $\varnothing 46 \text{ cm}$ veya $41 \times 41 \text{ cm}$

3.5. MMO /2003/352 Kalorifer Tesisatı Kitabına Göre Baca Hesabı

1- Baca Kesiti (F)

$$A = k \times Q_K / \sqrt{H}$$

$$A = 0,010 \times 350000 / \sqrt{20} = 783 \text{ cm}^2$$

$$A = 783 \text{ cm}^2 \quad \text{Baca kesiti seçilmiştir.}$$

$$D = \sqrt{4 \times 783 / \pi} = 31,57 \text{ cm} \text{ olarak}$$

hesaplanmıştır.

MMO/2003/352 Ek XI-1 b'den ise alçak basınçlı doğalgaz kazanı için $D = 40 \text{ cm}$ bulunmuştur. Buradaki hesaplamalarda; duman kanalı ve baca çapı $D = 35 \text{ cm}$ olarak belirlenmiştir.

2- Duman Gazı Miktarı (m°)

$$m^{\circ} = k \times q_K / 1000 \quad \text{kg/sn}$$

$$k = \text{Katsayı} = 0,52 \quad \text{Şekil 2}$$

$$q_K = \text{Kazan Kapasitesi} \quad \text{kW}$$

$$m^{\circ} = 0,52 \times 350 / 1000 = 0,182 \text{ kg/sn}$$

3. Baca Çekimi (P_H)

$$P_H = g \times H (\rho_o - \rho_h) \quad \text{Pa}$$

$$g = \text{Yerçekimi ivmesi} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H = \text{Baca yüksekliği} = 20 \text{ m}$$

$$\rho_o = \text{Dış hava yoğunluğu} \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_o = 1,27 (273/273+T_o)$$

$$= 1,27 (273/273+15) = 1,203 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_h = \text{Baca gazı yoğunluğu} \text{ kg/m}^3$$

$$= 1,27 (273/273+T_{bg})$$

$$= 1,27 (273/273+170) = 0,783 \text{ kg/m}^3$$

$$P_H = g \times H (\rho_o - \rho_h)$$

$$= 9,81 \times 20 (1,203 - 0,783) = 82,40 \text{ Pa}$$

$$P_H = 85 \text{ Pa}$$

4. Hava Emilmesi için Baca Kaybı (P_L)

Sıvı ve gaz yakıtlar için $P_L = 0$ alınacaktır.

5. Kazan Gaz Tarafı Basınç Kaybı (P_W)

Bu değer kazan kataloğunda 160 Pa alınmıştır. Kazan için böyle bir değer verilmişse Şekil 7'den $P_W = 53 \text{ Pa}$ alınabilir.

6- Bağlantı Kanalı ve Bacadaki Basınç Kaybı (P_A) ve (P_E)

6.1. Bağlantı (Duman) Kanalındaki Basınç Kaybı

Duman kanalı kesiti:

$$A = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \cdot 35^2 / 4$$

$$= 962 \text{ cm}^2 = 0,0962 \text{ m}^2$$

Duman yoğunluğu (ρ_a):

$$\rho_a = 1,27 (273 / 273 + T)$$

$$= 1,27 (273 / 273 + 170) = 0,783 \text{ kg/m}^3$$

$T =$ Baca gazı sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$

Duman kanalındaki gaz hızı (V_m)

$$V_m = V_g / \rho_a \cdot A_A = 0,182 / 0,783 \cdot 0,0962$$

$$= 2,42 \text{ m/s}$$

V_g = Baca gazı miktarı kg/sn
 ρ_A = Baca gazı yoğunluğu kg/m³
 A_A = Duman kanalı kesit alanı m²

Bağlantı kanalındaki basınç kaybı (P_A);
 $P_A = 0,75 \times \rho_A \times V_m^2 \times (f \cdot L / d + \Sigma z)$ Pa
 $= 0,75 \times 0,782 \times 2,42^2 \times$
 $(0,034 \cdot 4 / 0,35 + 3,40) = 13,01$ Pa
 f = Sürtünme kayıp katsayısı = 0,034

(Şekil 5)

r = Pürüzlülük değeri = 0,015 (Çizelge 2)
 H = Bağlantı kanalı uzunluğu = 4 m
 d = Bağlantı kanal çapı = 0,4 m
 Z = Baca kayıp katsayısı (Çizelge 3)
Duman kanalının bacaya dik girişi = 1,00
90° Dirsek 4 adet 4 x 0,6 = 2,40
 Σz = Kanaldaki bağlantı parçaları kayıpları = 3,40

6.2. Bacadaki Basınç Kaybı

Çap duman kanalıyla aynı seçildiğinden
Baca Kesiti: $A = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \cdot 35^2 / 4$
 $= 962 \text{ cm}^2 = 0,0962 \text{ m}^2$ alınabilir.

Duman yoğunluğu (ρ_A);
 $\rho_E = 1,27 \cdot (273 / 273 + T) = 1,27 \cdot (273 / 273$
 $+ 170) = 0,783 \text{ kg/m}^3$
 T = Baca gazı sıcaklığı (°C)

Bacadaki gaz hızı;

$V_E = V_g / \rho_E \cdot A_E = 0,182 / 0,783 \cdot 0,0962$
 $= 2,42 \text{ m/sn}$

V_g = Baca gazı miktarı kg/sn
 ρ_E = Baca gazı yoğunluğu kg/m³
 A_E = Duman kanalı kesit alanı m²

Bacadaki basınç kaybı (P_E);

$P_E = 0,75 \times \rho_E \times V_E^2 \times (f \cdot H / d + \Sigma z)$ (P_a)
 $= 0,75 \times 0,782 \times 2,42^2 \times (0,034 \cdot 20 / 0,35$
 $+ 1,00) = 10,11$ Pa

f = Sürtünme kayıp katsayısı = 0,036

(Şekil 5)

r = Pürüzlülük değeri = 0,015

H = Bağlantı uzunluğu = 20 m

d = Baca çapı = 0,3 m

Z = Baca kayıp katsayısı (Çizelge 3)

Baca çıkışı = 1,00

Σz = Kanaldaki bağlantı parçaları

kayıpları = 1,00

Bulunan tüm değerler ana eşitliğe

$P_H = P_L + P_W + P_A + P_E$

$85 = 0 + 53 + 13,01 + 10,11$

$85 = 76,12$ olduğundan seçilen baca çapı $D = 35$ cm uygundur.

3.6. TS 2165 (DIN 4705)'e Göre Basitleştirilmiş Baca Hesabı

3.6.1. Baca Kesiti Ön Hesabı

$F = k \cdot Q / \sqrt{h} = 0,010 \cdot 301000 / \sqrt{20} = 3010 / 4,472 = 673 \text{ cm}^2$

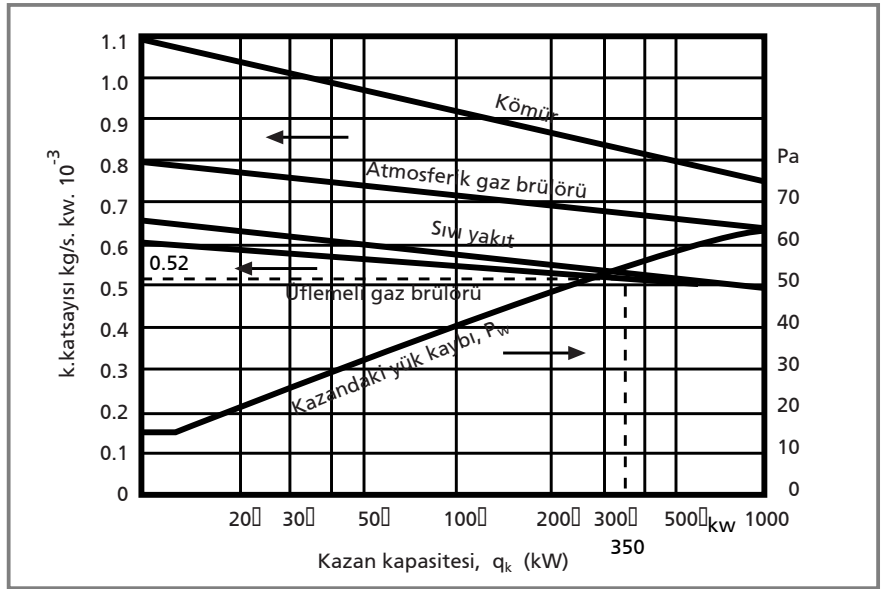
$D_h = \sqrt{4F/\pi} = \sqrt{4 \cdot 673 / 3,141} = 29,3 \text{ cm}$

$D_h = \emptyset 35 \text{ cm}$. hesaplarda emniyetle seçilen çap olarak kullanılacaktır.

3.6.2. Duman Gazı Miktarı

$m^\circ = k \times Q / 1000$ (kg/sn)

$m^\circ = 0,52 (350 / 1000) = 0,182 \text{ kg/sn}$ (Şekil 2.5.1'den $k = 0,52$ seçilmiştir)



Şekil 14. Örneğimizdeki baca için duman gazı miktarının bulunması

3.6.3. Hidrolik çap (baca için)

Silindirik Kesit için; bölüm 3.6.1'den

$D_h = 35 \text{ cm} = 0,35 \text{ m}$

Kare Kesit için; $D_h = \sqrt{4F/\pi}$ den $F = \pi \cdot D_h^2 / 4$ olup,

$F = 3,14 \times 0,35^2 / 4 = 0,0962 \text{ m}^2 = 962 \text{ cm}^2$

$A = 31 \text{ cm}$, $B = 31 \text{ cm}$ (kare baca kesiti)

3.6.4. Kanal ve Baca Pürüzlülük Değerleri

Metal bağlantılar için Şekil 9'da $r = 0,002$ alınabilir.

3.6.5. Sürtünme Basınç Kayıplar Katsayıları

Şekil 10'dan Bağlantı kanalı için; $r = 0,002$, $D_h = 0,35 \text{ m}$ için $\lambda = 0,037$

Baca için; $r = 0,002$, $D_h = 0,35 \text{ m}$ için $\lambda = 0,037$

3.6.6. Özel Kayıp Katsayıları

Bağlantı kanalından;

a-kazandan bağlantı kanalına girişte genişleme;

$F_1/F_2 = 25/35 = 0,83$

Tablodan 0,8 için $\zeta = 0,15$ alınmıştır.

b-Yatay duman kanalı üzerinde 4 adet 90°lik dirsek;
R=1 m R/d=1/0,35= 2,85
Tablodan 2 için 0,2 alınırsa buna göre
 $\zeta = 4 \times 0,2 = 0,8$ olur.

c- Duman kanalı dikey ana baca bağlantısında dik bağlantılı T_c ;
 $G_1/G_2 = d_1/d_2 = 1$ için
 $\zeta = 1$ alınmıştır.

Baca bağlantı kanalı toplamı
 $= 0,15 + 0,8 + 1 = 1,95$
 $\Sigma\zeta = 1,95$ alınmıştır.

Dikey Bacada;
a-Çatı çıkışında şapka; $\zeta = 1$
Baca toplamı $\Sigma\zeta = 1$ olacaktır.

3.6.7. Baca Gazların Yoğunluğu

Gazların yoğunluğu ($T = 170^\circ\text{C}$ baca sıcaklığı için).
 $\rho_A = 1,27 (273 / 273 + T)$
 $\rho_A = 1,27 (273 / 273 + 170)$
 $= 0,782 \text{ kg/m}^3$
olarak hesaplanır.

3.6.8. Baca Gaz Hızları

3.6.8.1. Bağlantı Kanalındaki Ortalama Gaz Hızı
Kanal kesiti,
 $F = \pi \cdot D_h^2 / 4$
 $= 3,141 (0,35)^2 / 4 = 0,0962 \text{ m}^2$
Gaz hızı
 $V = m^3 / \rho_A \cdot F$
 $= 0,182 / (0,782 \times 0,0962) = 2,4 \text{ m/sn}$ olur.

3.6.8.2. Bacadaki Ortalama Gaz Hızı

Kanal kesiti,
 $F = \pi \cdot D_h^2 / 4$
 $= 3,141 (0,35)^2 / 4 = 0,0962 \text{ m}^2$
Gaz hızı
 $V = m^3 / \rho_A \cdot F$
 $= 0,182 / (0,782 \times 0,0962) = 2,4 \text{ m/sn}$
olarak bulunur.

3.6.9. Basınç Kayıpların Hesabı

3.6.9.1. Bağlantı Kanalındaki Basınç Kaybı
 $P_A = 1,5 [\lambda (H / D_h) + \Sigma\zeta] \rho_A (V^2 / 2)$
 $= 1,5 [0,039 (4 / 0,35) + 1,95]$
 $0,782 (2,4^2 / 2) = 8,09 \text{ Pa}$ olur.

3.6.9.2. Bacadaki Basınç Kaybı

$P_E = 1,5 \cdot [0,039 (20 / 0,35) + 1]$
 $0,782 (2,4^2 / 2) = 7,66 \text{ Pa}$

3.6.9.3. Kazandaki Basınç Kaybı
Şekil 7'den $P_W = 52 \text{ Pa}$

3.6.9.4. Hava Teminindeki Basınç Kaybı
Üflemler brülör kullanıldığından $P_0 = 0 \text{ Pa}$ alınmıştır.

3.6.10. Doğal Baca Çekimi Hesabı

$P_H = H \times g (\rho_H - \rho_A)$
 $= 20 \times 9,81 (1,15 - 0,782) = 72,20$
 $= 72,20 \text{ Pa}$
olur.

3.6.11. Eftlilik Kontrolü

$P_H = P_W + P_A + P_E + P_0$ olmalı,
 $72,20 = 52 + 8,09 + 7,66 + 0$
 $72,2 \geq 67,75$

Doğal baca çekişi basınç kayıplarından büyük olduğundan, seçilen çap uygundur. Dolayısıyla seçilen $\emptyset 35 \text{ cm}$ silindirik, $31 \times 31 \text{ cm}$ kare veya $25 \times 38 \text{ cm}$ dikdörtgen baca kesiti kullanılabilir.

3.7. Bulunan Değerlerin Karşılaştırılması

5 ayrı yöntemle bulunan baca kesitleri aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Kesit (cm ²)	Çap (cm)	Kare (cm x cm)	Kıyas
--------------------------	----------	----------------	-------

A- AMPRİK FORMÜLLERLE BULUNAN BACA KESİTLERİ

A1-	Redtenbacher	1568	45	40x40	232	% 132	Büyük
A2-	Behrens	673	30	26x26	100	% 0	Büyük
A3-	Wintenberg	1093	37	33x33	162	% 62	Büyük
A4-	Presdorf	381	22	20x20	57	% 43	Küçük
A5-	Otruba	216	17	15x15	32	%68	Küçük
A6-	Otruba-50 Pa	1302	41	36x36	193	% 93	Büyük

B- ÜRETİCİ FİRMALARLA BULUNAN BACA KESİTLERİ

B1-	Plewa (Abak 2)	506	26	22,5x22,5	75	% 25	Küçük
B2-	Schiedel (Abak 1)	706	30	27x27	90	% 5	Büyük

C- YANMA VERİMLERİ VE BACA GAZI HIZIYLA BULUNAN BACA KESİTLERİ

C1-	Diyagram 2	1685	46	41x41	250	% 150	Büyük
-----	------------	------	----	-------	-----	-------	-------

D- MMO /2003/352' KURULUŞ HESABIYLA BULUNAN BACA KESİTLERİ

D-	Madde 6.2	962	35	31x31	143	% 43	Büyük
----	-----------	-----	----	-------	-----	------	-------

E- TS 2165 (DIN 4705) BASKINLIK YÖNTEMİLE BACA KESİTLERİ

E-	Madde 3.6.11	962	35	31x31	143	% 43	Büyük
----	--------------	-----	----	-------	-----	------	-------

F-AMPRİK FORMÜLE BULUNAN BACA KESİTLERİ KİYAS DEĞERLERİ

F-	Madde 3.2.2	673	30	26x26	100	Kıyas Değeri	
----	-------------	-----	----	-------	-----	--------------	--

3.8. Sonuç

Uzun yıllardır kullandığımız **ampirik formülle** (Behrens formülü Madde 2.1.8) belirlenen baca kesiti **100 birim** kabul edilirse; diğer yöntemlerde bulunan kesitlerde **32 birim**'e kadar yani bu kesitten **% 68 KÜÇÜK** veya **250 birim**'e kadar yani bu kesitten **% 150 BÜYÜK** çıkmaktadır. Bir başka deyişle yapılan hesaplamalar ve seçimlerde **ciddi farklılıklar** oluşmaktadır. Bu nedenle baca kesiti için uygulanan yöntemde;

1. **Ampirik formüllerle** hesaplama ve yanma verileri ve baca gazı hızına göre sadece birkaç faktöre bağlı olarak seçim yapmayı sağladığından sağlıklı bir yöntem olmayıp

sadece baca ön kesitinin hesaplanmasında ve **bazı değerlendirmeler ve kıyaslamalar için uygulanabilir.**

2. Firmaların ürünleri ve bu ürünlere göre düzenlenmiş **abaklar** her model için ayrı ayrı testleri yapılmış ve akredite edilmiş bir kurumdan onaylanmış belgelere sahip olması halinde kullanılabilir ve **anılan ürünler için sağlıklı değerlere ulaşılabılır.**

3. Daha sağlıklı sonuçlar için **MMO /2003 /352 kalorifer tesisatı kitabına** göre ve **TS 2165 (DIN 4705)**'e göre basitleştirilmiş baca hesabı **yeterli kabul edilebilir.**

4. **En iyi sonuçla baca kesiti hesaplanmak istenirse** çok faktöre göre ve bacanın yapısı, yalıtımı, bacadaki basınç ve sıcaklık şartlarının da irdelenerek yapılan **TS 2165'e** göre uygulama yapılabilir. Ancak bu yöntemle hesaplama şu an için çok sayıda formül, tablo vb. kullanmayı gerektirdiğinden ve hesap yöntemi detaylı olmasından dolayı elle hesap yapmak zor, uzun zaman alıcı ve pratik değildir. Hızlı, pratik ve sağlıklı baca hesapları; TS 2165 standardına uygun ve TS tarafından uygun görülmüş olan standart seçim tablolarından veya baca hesap programlarından yararlanılarak yapılmalıdır.

Yazar;

Aytekin Çakır,

1957 Ankara doğumludur. 1979 yılında ADMMMA'dan Makina Mühendisi olarak mezun oldu. 1980-1986 yılları arasında DLH 10. Bölge Müdürlüğünde kontrollük, 1986-1988 yılları arasında Gençler Yapı San. A.Ş.'de fiyante Mühendisi, 1988-1991 yılları arasında Amec Kutlutafl Konseryumu Ankara Doğalgaz Dönüflüm Projesinde çeşitli görevlerde bulundu. 1991 yılından beri ISISAN A.Ş. Ankara Bölge Müdürlüğünde görev yapmaktadır.

MMO ve TTMD üyesidir. MMO'da komisyon başkanlığı ve doğalgaz eğitimlisi, TTMD'de ise yayın kurulu üyesi olarak tesisat sektörüne katkı vermektedir.