

belirlenir. Gaz miktarı katsayısı (m/V), korunacak hacmin tasarım sıcaklığı ve tasarım konsantrasyonu değerine göre, deniz seviyesi için hesaplanmış değerdir. Birimi halokarbon türevi gazlarda kg/m³, inert gazlarda m³/m³ olarak hesaplanır. Gerekli gaz miktarı korunacak mahalin net hacmi ile gaz miktarı katsayısı çarpılarak belirlenir. Asma tavan ve yükseltilmiş döşeme bulunuyorsa, bu bölümlerin net hacmi için gerekli gaz miktarları ayrıca hesaplanır.

$$\text{Gerekli Gaz Miktarı (kg)} = \text{Net Hacim (m}^3\text{)} \times \text{Gaz Miktarı Katsayısı (kg/m}^3\text{)} \text{ (HFC227ea, HFC125 için)}$$
$$\text{Gerekli Gaz Miktarı (m}^3\text{)} = \text{Net Hacim (m}^3\text{)} \times \text{Gaz Miktarı Katsayısı (m}^3\text{/m}^3\text{)} \text{ (IG01, IG541 için)}$$

- 10.6.6** Korunacak olan kapalı hacmin deniz seviyesinden yüksekliğine göre gaz miktarı düzeltilmelidir. Gaz miktarı düzeltilmesi; ortam basınç farkının, standart deniz seviyesi basıncına göre %11 oranından (yaklaşık 1000 m yükseklik farkı) fazla olduğu yerlerde yapılır. Deniz seviyesinden yüksek olan mahallerde, gazın buhar hacmi daha yüksek bir değere ulaşır ve gaz daha fazla hacim kaplar bu yüzden yükseklik düzeltme faktörü ile gaz miktarı azaltılır. Düzeltilmiş gaz miktarı, düzeltme faktörü ile gerekli gaz miktarı çarpılarak, hesaplanır. (Atmosferik düzeltme faktörü tablosu için Bkz. **Tablo B.7**)

$$\text{Düzeltilmiş Gaz Miktarı (kg)} = \text{Gerekli Gaz Miktarı (kg)} \times \text{Atmosferik Düzeltme Faktörü}$$

- 10.6.7** Hesaplanan gaz miktarı için gerekli silindir kapasitesi, silindir sayısı üretici kapasitelerine göre belirlenmelidir. Birden fazla silindirin aynı anda boşalması, boşalan gazın aynı manifold üzerinden dağılımı yapılacağı durumlarda, silindir kapasiteleri ve her bir silindir içindeki gaz miktarı eşit olmalıdır. Halokarbon gazlarda silindir kapasitesi, üretici tarafından verilen en alt ve en üst dolm miktarlarına uygun olarak seçilmelidir. Halokarbon türevi temiz gazlar, sıvı halde depolandığından, çeşitli kapasitelerdeki silindirlere hesaplanan miktarda gaz doldurulur. Gaz halde depolanan inert gazlarda, silindirin kapasitesinin tamamı doldurulur. Inert gazlı sistemlerde, hesaplanan gaz miktarına en yakın silindir kapasitesi seçilerek, ihtiyaç duyulan gaz miktarı silindir kapasitesinin tamamını dolduracak şekilde artırılır.

$$\text{Silindir Sayısı (n)} = \text{Düzeltilmiş Gaz Miktarı (kg)} / \text{Silindir Kapasitesi (kg)} \text{ (HFC227ea, HFC125 için)}$$
$$\text{Silindir Sayısı (n)} = \text{Düzeltilmiş Gaz Miktarı (m}^3\text{)} / \text{Silindir Kapasitesi (m}^3\text{)} \text{ (IG01, IG541 için)}$$

- 10.6.8** Silindir yerleşim alanı; üretici silindir sayısı ve ölçülerine göre belirlenmelidir. Silindir yerleşiminde aşağıdaki konular dikkate alınmalıdır:
- Silindirler, korunan mahale mümkün olan en yakın yere, tercihen mahalin dışında yerleştirilmelidir. Herhangi bir hasar veya yangına maruz kalmayacak bölgeye yerleşim yapılır. Sistemin kolayca devre dışı bırakılmasına veya hatalı boşaltılmaya müsait olmamalıdır.
 - Yerleşimin yapıldığı ortam sıcaklığı, silindir ve ekipmanların en düşük ve en yüksek çalışma sıcaklıklarına uygun olmalıdır. Uygun olmayan ortam sıcaklıklarında, ısıtma veya soğutma sistemlerine ihtiyaç olabilecektir.
 - Ekipmanlar gerektiğinde servis ve bakım amaçlı olarak müdahale edilebilecek şekilde yerleştirilmelidir. Silindirlerin elle boşaltma kolu erişilebilir olmalıdır.
 - Silindirler üretici talimatlarına uygun şekilde yerleştirilmeli ve hareketine izin verilecek şekilde sabitlenmelidir.
- 10.6.9** Nozul seçimi ve yerleşimi üretici bilgilerine göre yapılmalı ve aşağıdaki konular dikkate alınmalıdır:

- (a) Nozul yerleşimi korunan alanın geometrisine göre yapılmalı, üretici bilgilerine göre nozulların onaylanmış dağıtım alanları kullanılmalıdır.
- (b) Duvar kenarına yerleşimi yapılan nozullar 180 derece püskürtme açısına, mahalın ortasına yerleşimi yapılan nozullar 360 derece püskürtme açısına sahip olmalıdır. Asma tavan ve yükseltilmiş döşeme içine ayrıca nozul yerleşimi yapılmalıdır.
- (c) Nozul yerleşiminde tavanda bulunan diğer elemanlar (aydınlatma, kanal vb.) da dikkate alınmalıdır.
- (d) Nozulun etkili olduğu maksimum oda yüksekliği üretici bilgilerine göre kontrol edilmelidir. Nozuldan homojen dağılım yapılabilen maksimum yüksekliğin aşıldığı durumlarda, iki seviye nozul yerleşimine ihtiyaç olabilir. Ancak bu durum hidrolik açıdan gaz dağılımının dengelenmesinde uygulamada zorluklara sebep olmaktadır.
- (e) Nozul sayısı, tipi ve yerleşimi; mahalın her yerinde tasarım konsantrasyonunu elde edecek şekilde olmalıdır. Nozuldan boşalma ile yangının genişlemesine ve patlamaya yol açmamalı veya orada bulunan yanıcı sıvıları gelişigüzel sıçratmamalı veya toz bulutu oluşturmamalıdır. Boşaltma hızı, korunan hacim veya içindekilere ters etki yapmamalıdır. Boşaltma hızı hafif asma tavanların hareket etmesinde bir faktör olabilir. Hafif asma tavanların hareketi veya kalkması ihtimalini en aza indirmek için, her bir nozula 1.5 m mesafede asma tavanlar emniyetli bir şekilde tespit edilmelidir.

10.6.10 Silindirden çıkan gaz miktarını nozullara ulaştıracak olan dağıtım borulama düzeni ve güzergâhı belirlenmesinde aşağıdaki konular dikkate alınmalıdır:

- (a) Birden fazla hacim veya bölmenin aynı silindirden çıkan gaz ile korunması durumunda, her hacim için ayrı borulama belirlenir.
- (b) Her nozuldan uygun miktarda gaz akışını sağlayacak şekilde sistem dengelenmelidir. Borulama güzergâhı belirlenirken nozul başına düşen gaz akış debisi dikkate alınmalı ve borulama düzeni dengeli olmalıdır.
- (c) T bağlantı yönleri verilen limitlere uygun şekilde düzenlenmelidir. (Bkz. **Şekil B.1**) T bağlantı noktalarında akış bölünmeleri yerçekimine karşı hassastır. Giriş ve çıkış bransmanlarının dikeyde yerleştirilmesi, yerçekimi etkisi nedeniyle söndürücü maddenin boru içinde hem sıvı hem de gaz olarak bulunmasına sebep olur. Bu nedenle çıkış bransmanları yatay düzlemde olacak şekilde düzenleme yapılmalıdır. Akış ayırıcı T, çıkıştaki gazın giriş gaz miktarının %30'dan fazla olduğu yerlerde, bransman T ise çıkıştaki gazın miktarının girişteki gaza göre, %10-%30 arasında olması gerektiği yerlerde kullanılmalıdır.
- (d) Boru tesisatında, sabitleyici destekler arası mesafeler **Tablo B.6**'da verilen değerlere uygun olmalıdır.
- (e) Nozullar için uygun destekler sağlanmalı ve bunların geri tepme kuvvetleri için destekten olan mesafe
 - ▶ ≤25 mm boru için ≤100 mm
 - ▶ >25 mm boru için ≤250 mm olmalıdır.

10.6.11 Boru çapları, nozul orifis çapları ve gaz akış debileri üretici firma veya üreticinin yetkilendirdiği kişilerce hidrolik hesap yapılarak belirlenir. Gazın eşit olarak istenen nozula gerekli miktarda dengelenmiş olarak gönderilmesi için boru çapları ve nozul orifis çapları hidrolik hesap yapılarak dengelenmelidir. Hesaplama yönteminde kullanılan birçok iterasyonun elle hesaplanması pratik olmadığından, bilgisayar programları kullanılır.

- (a) Hidrolik hesap üreticinin malzeme bilgileri olmadan yapılamaz. Bu bilgiler; silindir dip borusu, manifold eşdeğer uzunlukları ve nozul boşaltma katsayıları gibi değerleri içerir. Her bir nozuldaki gaz akış miktarının tayini için yapılan amprik düzeltmeler akışın ayrıldığı noktalar, T bağlantılarının yönü, sistem elemanlarının katsayıları faktörlerine göre yapılır. Bernoulli denkleminin yanında diğer faktörleri de içeren bilgisayar programına akış debisi veya gaz miktarı girildiğinde, program boru çapı ve nozul orifis çaplarını hesaplar. Boru çapı ve orifis çapları bilgisi girildiğinde ise program akış debisini hesaplar. Bilgisayar programı hesap sonuçları, sistemin basınç düşümü, boşalma süresi ve her nozuldan boşalan gaz miktarını belirtir.

10.6.12 Üretici bilgileri kullanılarak, tek veya daha fazla sayıdaki silindirin tahrik mekanizması ve sistem elemanları belirlenir. Gazlı söndürme sistemlerinde kullanılan belli başlı ekipmanlar aşağıda bilgi olarak verilmiştir. Ekipmanların belirlenmesinde korunacak mahal ile ilgili özel gereksinimler ve üretici tavsiyeleri dikkate alınmalıdır.

► **Silindir:**

Söndürücü gazın depolandığı dikişli veya dikişsiz tüplerdir.

► **Silindir Bağlantı Kelepçesi:**

Tüplerin yere veya duvara sabitlenmesi için kullanılan düzendir.

► **Silindir Vanası:**

Silindire dolumu, basınçlandırılması, güvenlik ve boşaltma ekipmanlarının montajına olanak sağlayan silindir üzerine monte edilmiş vanadır.

► **Basınç Göstergesi:**

Silindir içindeki basıncı gösteren manometredir.

► **Basınç Tahliye Tertibatı:**

Silindir vana tertibatı üzerinde bulunan ve maksimum tasarım basıncına kalibre edilmiş emniyet vanasıdır.

► **Elle Boşaltma Kolu:**

Sistemin doğrudan mekanik olarak boşaltılmasını sağlayan cihazdır.

► **Boşaltma Hortumu:**

Gazın, silindirden çıkarak tesisata veya kolektöre dağıtımını sağlayan esnek bağlantı elemanıdır.

► **Manifold:**

Birden fazla tüp bağlantısı yapılan kolektördür. Manifoldlar gerekli bağlantı kelepçeleri ile duvara tutturulur.

► **Tetikleme Hortumu:**

Birden fazla silindir kullanılan veya pilot silindir kullanılan sistemlerde tahrik mekanizması ile tetiklenen ana tüpteki gazın diğer tüplere direkt geçişini sağlayan, esnek bağlantı elemanıdır.

► **Çek Vana:**

Birden fazla silindirin kullanıldığı sistemlerde, manifolda boşalan gazın silindirlere girişini önlemek için her silindir çıkışında kullanılan ve/veya seçici vanalı sistemlerde akışın tek yönlü olması gerektiği noktalarda tetikleme hortumu üzerine monte edilen vanadır.

► **Pnömatik Tahrir Ünitesi:**

Tüpün açılmasını gaz basıncıyla sağlayan düzenektir.

► **Pilot Tahrir Mekanizması:**

Birden çok silindirin açılmasını, pilot tüp ile sağlayan düzenektir.

► **Düşük Basınç Anahtarı:**

Silindir basıncının kaçak veya boşalma ile düşmesi durumunda, kontak değiştirerek elektriksel olarak hata bilgisi verir.

► **Gaz Boşaldı Basınç Anahtarı:**

Manifold borusuna gaz boşalması durumunda kontak değiştirerek elektriksel olarak kontrol paneline bilgi verir. Kontrol panelinde izlenebilir veya diğer elektriksel ekipmanların çalıştırmak ve/veya kapatmak için kullanılır.

► **Seçici Vana:**

Söndürücü maddeyi, çeşitli ve farklı tehlike bölgelerinden herhangi birine, bir veya daha fazla silindirden seçimli olarak yönlendirmek ve boşaltmak için kullanılan ve akış yönüne göre tankın boşaltma borusuna tesis edilmiş vanadır.

► **Nozullar:**

Gazı korunan alana boşaltılmasını ve optimum gaz dağılımını sağlar. Nozul orifisleri; her tesisat için hidrolik hesaplara göre kalibre edilirler.

► **Uyarı İşaretleri:**

Uygun talimat ve uyarı işaretleri bulundurulmalıdır.

10.6.13 Gazlı söndürme sistemlerine ait algılama ve kontrol sistemi aşağıda belirtilen konular dikkate alınarak belirlenmelidir:

- (a) Gazlı söndürme sistemi ile korunan hacimlerde yangın algılama ve kontrol sistemi tesis edilmelidir. Söndürme sisteminin aktive olduğunu bildiren kontak çıkışları bina genelindeki yangın alarm sistemine giriş olarak bağlanmalıdır. Söndürme sisteminin alarm ve arıza çıkışları yangın alarm sistemine bağlanarak ayrı bölgesel göstergelerle izlenmelidir.
- (b) Yangın algılama ve uyarı sistemleri, ilgili TS-EN 54 Standardına uygun olarak tasarlanmalıdır. Bu tesisat ve sistemlerde kullanılacak her türlü cihaz ve kablolar, TSE veya TSE tarafından eşdeğerliği kabul edilen standart veya kalite belgesine sahip olmalıdır.
- (c) Elektrik güç beslemesi korunan hacim için olan elektrik beslemesinden bağımsız olmalı ve birinci kaynağın devre dışı kalması durumunda otomatik olarak devreye giren yedek güç kaynağı bulunmalıdır. Sistemin algılama, kontrol, tahrik ve sinyalizasyon sistemlerinin en az 24 saat çalışmasını sağlayacak yedek enerji kaynağı bulunmalıdır.
- (d) Yangın algılama ve kontrol sistemi; kontrol paneli, dedektörler, durdurma butonu, boşaltma butonu, siren ve flaşörlü sirenden oluşur. Sistem dedektörlerden ve elle

boşaltma butonlarından gelen bir sinyal ile sistem dedektörlerden veya manüel butonlardan gelen bir sinyal ile ana silindirin üzerindeki selenoid vanayı aktive eder.

► **Kontrol Paneli:**

İki kademeli çapraz zon prensibine göre çalışır. Tek bir dedeksiyon zonundan alarm sinyali gelmesi durumunda, 'zon alarmı' olarak belirlenir. İkinci dedeksiyon zonundan da alarm sinyali gelmesi durumunda bu 'ön-boşaltma alarmı' olarak belirlenerek, alarm cihazı devreye girer. Ön boşaltma alarmı gaz boşalmadan önce ortamda bulunan insanların tahliyesini sağlayacak süreyi sağlamalıdır. Ardından ortamda bulunan insanların dışarı çıkmalarını sağlayacak, gecikme süresi geri sayımı başlar. Gaz boşalması 'alarm olarak belirlenir ve sesli, ışıklı alarm cihazları ve ışıklı uyarı cihazları devreye girer. Kontrol paneline yapılacak bağlantı elemanlarının açık devre ve kısa devre arızaları panel tarafından gözetlenir. Her hattaki arıza ve sinyal, panel üzerindeki ledler sayesinde izlenir.

► **Dedektörler:**

Ortamda çıkabilecek bir yangının meydana getirmesi muhtemel ısı, alev veya duman gibi tehlikelere uygun olarak seçilir. Duman dedektörleri, yangını duman algılama prensibine göre belirleyip kontrol paneline sinyal olarak iletebilecek yapıdadır. Gerek duyulan mekanlarda duman dedektörlerinin algılayamayacağı dumansız yangını alev algılama prensibine göre belirleyip kontrol paneline sinyal olarak ileten yapıda alev dedektörleri kullanılır.

► **Durdurma Butonu:**

Elle basılı tutulduğu sürece, algılama bölgesinden başlatılmış kontrol panelinin geri sayma süresini geçici olarak durdurur veya geri saymayı yeniden başlatır. Durdurma butonu korunan hacmin içine ve çıkışa yakın yerleştirilmelidir.

► **Boşaltma Butonu:**

Elle devreye girdiğinde, kontrol paneline gazı boşalt sinyali gönderir. Kontrol paneli bu komut ile gazı ortama boşaltma işlemine başlar. Boşaltma butonu korunan hacmin dışına veya girişine yakın bir noktaya yerleştirilmelidir.

► **Zil:**

Alarm sinyalini, gazı söndürme yapılacak ortama bildiren sesli alarm cihazıdır. Genellikle ön-boşaltma alarmını bildirmek için kullanılır.

► **Siren:**

Alarm sinyalini, gazı söndürme yapılacak ortama bildiren sesli alarm cihazıdır. Genellikle ön-boşaltma alarmını bildirmek için kullanılır.

► **Flaşörlü Siren:**

Genel alarm sinyalini gazlı söndürme ortama bildirir.

► **Işıklı Uyarı Levhası:**

Gaz boşaldı ikazı için mahal dışına yerleştirilen ışıklı levhadır.

10.6.14 Silindir ve borulama sistemi çizimlerinde aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır:

- ▶ Ölçekli çizimler; silindirin yeri, boru dağıtım sistemi, nozullar, vanalar, basınç düşürücü cihazlar (eğer varsa), askı aralıkları
- ▶ Korunan hacmin bina içindeki lokasyonu
- ▶ Korunan hacimdeki duvar ve bölmelerin yeri ve malzemesi
- ▶ Korunan hacmin kesiti; toplam yüksekliği, asma tavan ve yükseltilmiş döşeme yüksekliği
- ▶ Söndürücü gazın tipi
- ▶ Söndürme veya etkisizlik konsantrasyonu, tasarım konsantrasyonu ve maksimum konsantrasyon
- ▶ Mahalin tanımı ve yangın türü
- ▶ Silindir özellikleri; kapasitesi, basıncı ve söndürücü madde miktarı
- ▶ Kullanılan nozul tanımı; tipi, giriş çapı, orifis delik ölçüsü ve basınç düşürücü cihazların orifis çapı
- ▶ Boru, vana ve fittinglerin malzeme ve basınç sınıfları
- ▶ Cihaz listesi; cihazın adı, üretici, model no, miktar ve tanım
- ▶ Söndürücü dağıtım tesisatının izometrisi; her boru parçasının çapı ve uzunluğu ve hidrolik hesap nokta referans numaraları
- ▶ Korunan kapalı hacim basınçlandırma ve havalandırma hesapları
- ▶ Yangın algılama, uyarı ve kontrol sistemlerinin tanımı

10.7 Gazlı Söndürme Sistemi Tasarımında Sınırlamalar

10.7.1 Sıcaklık

Bütün cihazlar, kullanıma uygun, normal olarak -20 °C ile +50 °C aralığında çalışacak şekilde tasarlanmalı ve üzerinde sıcaklık sınırlamalarını gösteren işaret konulmalıdır.

10.7.2 Diğer Söndürücü Maddelerle Uyum

Aynı kapalı hacime, farklı söndürme gazlarının eşzamanlı olarak boşalmasını sağlayan sistemlere izin verilmez.

10.7.3 Elektrostatik Boşalma

Potansiyel patlayıcı atmosferler içine söndürücü gaz boşaltılırken önlemler alınmalıdır. Söndürücü gazların boşaltılması sırasında topraklanmamış iletkenlerde elektrostatik boşalma olabilir. Bu iletkenler bir patlatmayı başlatmak için yeterli enerjiyi diğer cisimlere boşaltabilir. Boru tesisatı uygun şekilde sabitlenmiş olmalı ve topraklanmalıdır. Yalıtımsız kalmış elektrik iletkenlerinin mevcut olması halinde, elektrik iletkenleri ile sistemin bakım sırasında erişilebilen parçaları arasında **Tablo B.8**'de verilen değerlerden az olmayan mesafeler sağlanmalıdır. Bu boşluk mesafelerinin sağlanmadığı yerlerde uyarı işaretleri konulmalı ve güvenli bakım sistemi uygulanmalıdır.

10.7.4 Boşalma Süresi

Halokarbon türevi gazların boşaltılması, ayrışma ürünlerinin oluşumunu sınırlamak ve yangını bastırmak için mümkün olduğu kadar çabuk tamamlanmalı ve 20 °C'de 1.3'lük güvenlik faktörü içeren tasarım konsantrasyonunun % 95'ine erişmek için gerekli boşaltma süresi, hiçbir durumda 10 saniyeyi geçmemelidir.

İnert gazlar için tasarım konsantrasyonunun 20 °C'de 1.3'lük güvenlik faktörü içeren tasarım

konsantrasyonunun % 95'ine erişmek için gerekli boşaltma süresi, hiçbir durumda 60 saniyeyi geçmemelidir. Boşalma süresinin artırılması gerekli olduğunda boşaltma hızı, koruma süresi için istenen konsantrasyonu muhafaza etmeye yeterli olmalıdır.

10.7.5 Koruma Süresi

Söndürücü gaz konsantrasyonunun elde edilmesi yeterli değildir. Bu konsantrasyonun mahalde acil faaliyetlere olanak verecek sürede muhafaza edilmesi gereklidir. Bu durum tüm yangın sınıflarında eşit öneme sahiptir. Korunan hacimde söndürücü gazın konsantrasyonunun ne kadar süre ile muhafaza edileceği tespit edilmelidir. Bu süreye "tutma süresi" denir. Tahmini tutma süresi kapı fan testi yapılarak veya aşağıdaki kriterleri sağlamak üzere tam boşaltma testi yapılarak doğrulanmalıdır:

- (a) Tutma süresi başlangıcında, korunan hacmin her yerindeki konsantrasyonu, tasarım konsantrasyonu olmalıdır.
- (b) Tutma süresi sonunda, korunan hacmin içinde tehlikeye maruz en yüksek noktada söndürücü gaz konsantrasyonu, söndürme konsantrasyonundan az olmamalıdır.
- (c) Tutma süresi yetkili kuruluşlarca farklı tanımlanmadıkça 10 dakikadan az olmamalıdır.

10.7.6 Sızdırmazlık

Söndürücü gazın, açıklıklardan bitişikteki tehlikeli alanlara veya çalışma alanlarına kaçmasını önlemek için, bu açıklıklar kalıcı olarak sızdırmaz biçimde kapatılmalı veya otomatik kapatma tertibatlarına sahip olmalıdır. Söndürücü gazı belli hacimde tutmak uygulamada mümkün değilse, koruma bitişik tehlikeli bağlantıları kapsayacak şekilde geliştirilmelidir. Cebri çekişli havalandırma sistemleri gaz boşalmadan önce, otomatik olarak kapatılmalıdır. Korunan alan sınırları içinde söndürme sisteminin performansını etkileyici olası tüm tesisatlar (örneğin; yakıt ve güç beslemeleri) uygulama öncesi veya boşalma ile eş zamanlı olarak kapatılmalıdır.

10.7.7* Halokarbon Gazların İnsan Sağlığına Etkileri

10.7.7.1 NOAEL; zehirlilik veya fizyolojik olarak hiç bir ters etki göstermeyen en yüksek konsantrasyondur. LOAEL; zehirlilik veya fizyolojik olarak ters etki gösteren en düşük konsantrasyondur. LC50 (Akut Zehirleme Testi), denek hayvanları üzerinde yapılan bir test olup, bu hayvanların burundan soluma yoluyla, 4 saat süre ile belli konsantrasyonlardaki gaza maruz bırakılmaları neticesinde, hayvanların %50'sinin ölümüne yol açan konsantrasyondur. Halokarbon esaslı söndürme gazları için NOAEL ve LOAEL seviyelerinde baz alınan toksik etkiler, kalp ve üst solunum yollarında yarattığı durum "kardiyak hassasiyet" olarak bilinir.

10.7.7.2 Halokarbon kullanım sınırlamaları PBPK modeli baz alınarak belirlenmiştir. PBPK modeli, halokarbonun vücuda alımını ve vücutta çeşitli bölgelere dağılımının oluşturabileceği ters etkileri matematiksel olarak tanımlayan bir bilgisayar modelidir. EPA onaylı PBPK modeli, her bir halokarbon konsantrasyonunun solunumu ile insan vücudundaki ters etkilere ne kadar sürede ulaşıldığını simüle eder. Solunan halokarbon konsantrasyonunun, ters etkiye sebep olan kritik değerinin altında kaldığı süreye, maksimum güvenli maruz kalma süresi denir. Bu sürenin belirlendiği konsantrasyona eşit veya üzerindeki halokarbon konsantrasyonları güvenli değildir. EPA onaylı PBPK modeli tarafından öngörülen maksimum güvenli maruz kalma süresi 5 dakikadır. PBPK modeline göre halokarbon gazlarının çeşitli konsantrasyonlarında belirlenen maksimum güvenli maruz kalma süreleri **Tablo B.9** ve **Tablo B.10**'da verilmiştir. Tasarım konsantrasyonu ile **Tablo B.9** ve **B.10**'da bu konsantrasyonlara

karşılık gelen maruz kalma süreleri karşılaştırılarak, halokarbon gazların normalde insan bulunan veya normalde insan bulunmayan mahallerde, kullanıma uygun olup olmadığına karar verilir. Normalde insan bulunan mahallerde LOAEL seviyesinin üzerinde tasarım konsantrasyonu kullanılmamalıdır.

10.7.7.3 LOAEL seviyesinin üzerinde tasarım konsantrasyonu kullanımına, ancak normalde insan bulunmayan ancak ara sıra kısa sürelerle girilebilen alanlarda izin verilir. PBPK modeline göre; LOAEL seviyesinin üzerinde tasarlanan sistemin tasarım konsantrasyonu, HFC227ea için %10.5, HFC125 için ise %11.5 değerini geçmemelidir. Bu değerlerin aşıldığı normalde insan bulunmayan mahallerde; insanların söndürücü gaz maruz kalmalarını önlemek üzere **Tablo B.9** ve **Tablo B.10**'da verilen maksimum güvenli maruz kalma süreleri dikkate alınarak, insanların uygun sürede tahliyesini sağlayan ön-boşaltma alarmları ve zaman geciktirme tertibatları düzenlenmelidir.

10.7.7.4 Halokarbon gazlı sistemlerin tasarımında maruz kalma ile ilgili aşağıdaki sınırlamalara uyulmalıdır:

- (a) Hiç bir şekilde gereksiz yere halokarbon temiz gaz ve yangın esnasında oluşan bozunma ürünlerine, NOAEL konsantrasyonlarında bile maruz kalınmasından kaçınılmalıdır. Gereksiz yere söndürücü gaz maruz kalınmasını önlemek üzere ön-boşaltma alarmı ve zaman geciktirme tertibatı kullanılır.

Tablo 10.7.7 Halokarbon Türevi Gazların Toksik Bilgileri ¹

Söndürücü Gaz	LC50 (%)	NOAEL(%)	LOAEL(%)
CF3I	>12,8	0,2	0,4
FK-5-1-12	>10	10	>10
HFCH Blend A	64	10	>10
HFC-125	>70	7,5	10
HFC227ea	>80	9,0	10,5
HFC123	>65	50	>50
HFC236fa	>18,9	10	15

- (b) Normalde insan bulunan hacimler için **Tablo 9.6.7**'de verilen NOAEL seviyesine kadar tasarlanan halokarbon sistemlerine; maksimum maruz kalma süresinin 5 dk'yı geçmediği durumlarda izin verilir. (Mahalde bulunanların kaçışı 5 dakika içinde sağlanmalıdır.)
- (c) Normalde insan bulunan hacimler için **Tablo 9.6.7**'de verilen NOAEL seviyesinin üzerinde ve LOAEL seviyesine kadar tasarlanan halokarbon sistemlerine; maksimum maruz kalma süresinin **Tablo B.9** ve **Tablo B.10**'da verilen sürelerle sınırlı olduğu durumlarda izin verilir.
- (d) Normalde insan bulunmayan ancak ara sıra kısa sürelerle girilebilen hacimlerde, **Tablo 9.6.5.1**'de verilen LOAEL konsantrasyon değerinin üzerinde tasarlanan halokarbon sistemleri; personelin maruz kalabileceği durumlarda maksimum maruz kalma süresi **Tablo B.9** ve **Tablo B.10**'da verilen sürelerle sınırlıdır.
- (e) **9.6.7.4(c)** ve **9.6.7.4(d)** Maddesini sağlamak için gerekli verilerin sağlanamadığı durumlarda, normalde insan bulunmayan hacimlerde; tahliye süresi 30 saniyeden

¹ ISO14520-1:2006 Tablo G.1

fazla ancak 1 dakikadan az ise, LOAEL seviyesinin üzerinde halokarbon söndürücü gaz kullanılmamalıdır. LOAEL seviyesinin üzerindeki konsantrasyonların kullanımına normalde insanların bulunmadığı yerlerde ve içerideki personelin 30 saniye içinde mahali terk edebileceği ve boşalma süresinde içeriye koruyucu ekipmanı olmayan hiçbir personelin giremeyeceği yerlerde izin verilir.

10.7.7.5 Hemen hemen tüm halokarbon gazların zehirlenme etkisi düşük olmakla birlikte, ortama boşaldıklarında yapılarındaki özelliklerden dolayı yangınla ya da sıcak yüzeylerle girdikleri kimyasal reaksiyonlardan sonra ortaya çıkan yeni bileşkelere dolayı ortamda bulunan insanlara zarar verebilirler. Halokarbon türevi gazların çoğunda bulunan florin elementi yangınla reaksiyonda ortamda yeterli miktarda hidrojen bulunması durumunda hidrojen ile birleşerek HF (hidrojen florid) oluşturmaktadır. Bozunma ürünleri yalnız birkaç ppm'lik düşük konsantrasyonlarda olsa bile keskin ve yakıcı kokuya sahiptir. Bu özelliği ile bozunma ürünleri kendiliğinden ikaz sistemi oluşturmaya rağmen, yangın sonrasında ortama girmesi gerekli olanlar için tahriş edici ve sağlığa zararlı atmosfer oluşturur. Bu nedenle mecbur olmadıkça, insanların bu gazlara maruz kalmamaları gerekir. Bu tür sakıncalar halokarbon türevi tüm gazlar için geçerlidir. Gaz ortama boşalmadan önce ortamdaki en kısa sürede uzaklaşılmalı ve söndürücü gazlara gereksiz yere maruz kalınmamalıdır. En kötü ihtimalle boşalma esnasında ortam en kısa sürede tahliye edilmelidir. Kısaca söndürücü maddenin uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalması durumunda bozunma ürünlerinin konsantrasyonu artar. Bozunma ürünlerinin konsantrasyonunu azaltmak için gazın yüksek sıcaklıkta açığa çıkma süresini en aza indirecek şekilde algılama tipi, hassaslığı ve boşaltma hızı seçilir.

10.7.8 İnert Gazların İnsan Dağılına Etkileri

10.7.8.1 İnert gazlar; oksijen seviyesinin düşürülmesine bağlı olarak nefes alamama ve hipoksi etkilerine sebep olur. İnert gazlarla birlikte, normalde insan bulunan mahallerde %12'den (deniz seviyesi eşdeğeri) az olmayan oksijen konsantrasyonu gereklidir. Bunun karşılığı olarak %43'ten fazla olmayan gaz konsantrasyonu kullanılır.

Tablo 10.7.8 İnert Gazların Psikolojik Etkileri¹

Söndürücü Gaz	NOAEL (%)	LOAEL (%)
IG-01	43	52
IG-100	43	52
IG-55	43	52
IG-541	43	52

10.7.8.2 İnert gazlı sistemlerin normalde insan bulunan yerlerde kullanımında, sistem üretici tasarım manüelinde verilen tasarım konsantrasyonlarının üzerinde tasarım yapılmamasına dikkat edilmelidir.

10.7.8.3 İnert gazlı sistemlerin tasarımında maruz kalma ile ilgili aşağıdaki sınırlamalara uyulmalıdır:

(a) Hiç bir şekilde gereksiz yere inert gaza maruz kalınmasından kaçınılmalıdır. Gereksiz yere maruz kalınmasını önlemek üzere ön-boşalma alarmı ve zaman geciktirme tertibatı kullanılır.

¹ ISO14520-1:2006 Tablo G.6

Tablo 10.8 Güvenlik Tedbirleri¹

En Yüksek Konsantrasyon (T)	Zaman Geciktirme Tertibatı	Otomatik/El Kumanda Anahtarı	Kilitleme Tertibatı
$T \leq \text{NOAEL}$	Var	Yok	Yok
$\text{NOAEL} > T > \text{LOAEL}$	Var	Var	Yok
$T \geq \text{LOAEL}$	Var	Var	Var

- (b) %43'ün altındaki değerlerde tasarlanan inert gazlı sistemlerin normalde insan bulunan mahallerde kullanımına izin verilir ve inert gaza maruz kalma süresini 5 dakika ile sınırlandıracak şekilde tedbirler alınmalıdır.
- (c) %43 ile %52 arasındaki değerlerde tasarlanan inert gazlı sistemlerin normalde insan bulunan mahallerde kullanımına izin verilir ve inert gaza maruz kalma süresini 3 dakika ile sınırlandıracak tedbirler alınmalıdır.
- (d) %52 ile %62 arasındaki değerlerde tasarlanan inert gazlı sistemlerin normalde insan bulunmayan mahallerde kullanımına izin verilir ve insanların gaza maruz kalma ihtimali olan yerlerde, maruz kalma süresi 30 saniyeyi aşmayacak şekilde gerekli tedbirler alınmalıdır.
- (e) %62'nin üzerinde tasarlanan inert gazlı sistemlerin kullanımına insan bulunmayan mahallerde izin verilir.

10.7.8.4 İnert gazlar ile yapılan yangın söndürmede ölçülebilir bir bozunma olmaz. Zehirli ve korozif ayrışma ürünleri oluşmaz. Bununla beraber yangının kendisinden kaynaklanan bozunma ürünleri önemli miktarlarda olabilir ve insanların bulunması için uygun olmayan ortam oluşturabilir.

10.8 Güvenlik Tedbirleri

ISO 14520 Standardında yer alan güvenlik tedbirleri, yangın nedeniyle ortaya çıkan yanma ürünlerinin toksik veya fiziksel etkiler ile ilgili değildir. Bu standartta, güvenlik tedbirleri nedeniyle öngörülen maksimum maruz kalma süresi 5 dakikadır. Bu süreden uzun olan maruz kalma sürelerinin fiziksel veya toksik etkileri olabilir.

10.8.1 Normalde insan bulunan mahallerde kullanılacak sistemlerin tasarımında aşağıdaki güvenlik tedbirleri alınmalıdır.

- (a) Gereksiz yere söndürücü gaza maruz kalınmasını önlemek üzere aşağıdaki güvenlik tedbirleri alınmalıdır.
- Zaman geciktirme tertibatı, personelin tahliyesi için veya korunan alanı söndürücü gazın boşaltılmasına hazırlamak için kullanılır.
 - Otomatik/el kumanda anahtarı mahalde insan bulunduğu zamanlarda sistemi elle boşaltma durumunda çalıştırmak ve insan bulunmadığı zamanlarda otomatik konuma geçirmek için kullanılan elektronik cihazdır.
 - Kilitleme tertibatı, genellikle bakım sırasında kullanılan ve gazın mahale boşalmasını engellemek için silindirin boşalma borusu üzerine monte edilen elle kapatma vanası veya silindirin mekanik olarak harekete geçmesini engelleyen diğer tip bir tertibat olabilir. Kilitleme tertibatı her zaman istenmez, bazı özel bakım işlemlerinde gereklidir.
- (b) Gazın boşalmasından önce personelin tahliyesine izin verecek yeterli bir zaman gecikmesiyle, ön alarm sistemi ihtiva etmelidir.

¹ ISO14520-1:2006 Tablo 2

- 10.8.2** Normalde insan bulunmayan mahallerde; kullanılacak sistemlerin tasarımında aşağıdaki güvenlik tedbirleri alınmalıdır:
- (a) Kilitleme vanası tesis edilmedikçe, kullanılan söndürücü gazın konsantrasyonunun en yüksek değeri, LOAEL seviyesini aşmamalıdır.
 - (b) Odada insanların bulunduğu zamanlarda, NOAEL seviyesinin aşılmasının beklendiği durumlarda, sistemlerin otomatik olmayan moda getirilmesi tavsiye edilir.
 - (c) Korunan hacme, orijinal tasarımda bulunmayan ilaveler veya sabit kısımların kaldırılması gibi değişikliklerin yapılması söndürücü gaz konsantrasyonunu doğrudan etkileyecektir. Böyle durumlarda, izin verilen en yüksek konsantrasyonu ve gerekli tasarım konsantrasyonunu sağlamak üzere sistem tekrar hesaplanmalıdır.
- 10.8.3** İnsan bulunamayacak mahallerde; kullanılacak sistemlerin tasarımında aşağıdaki güvenlik tedbiri alınmalıdır:
- (a) Kilitleme vanası tesis edilmesine gerek olmadan, söndürücü gazın konsantrasyonunun en yüksek değeri, LOAEL seviyesinin üzerinde olabilir.
- 10.8.4** Toplam hacim koruma sistemlerinin tesis edildiği yerlerde ve insanların bulunabileceği yerlerde aşağıdaki durumlar sağlanmalıdır:
- (a) Personelin tahliyesi için veya korunan alanı söndürücü gazın boşaltılmasına hazırlamak için zaman geciktirme tertibatı kullanılmalıdır. Boşalma gecikmesinin can ve mal tehlikesini önemli şekilde arttırmadığı bazı uygulamalarda, söndürme sisteminde gaz boşalmadan önce personelin tahliyesini sağlayacak yeterli süre gecikmeli ön-boşalma alarmı kullanılmalıdır.
 - (b) Söndürme sistemi; gazın boşalmasından önce personelin tahliyesine izin verecek, yeterli bir zaman gecikmesiyle, ön alarm sistemi ihtiva etmelidir.
 - (c) Gerekli yerlerde, **Madde 9.7.1**'e uygun olarak, otomatik/el kumanda anahtarı ve kilitleme tertibatı kullanılmalıdır.
 - (d) Çıkış yolları her zaman açık tutulmalı, acil aydınlatma ve hareket mesafesini en aza indirecek uygun yönlendirme işaretleri bulunmalıdır.
 - (e) Dışarıdan kilitlenen, içeriden dışarıya doğru açılabilen, kendiliğinden kapanan kapılar kullanılmalıdır.
 - (f) Girişlerde ve korunan hacim içinde belirtilen çıkışlarda, sürekli görülebilir ve işitilebilir alarmlar ve korunan hacmin dışında bu güvenliğini sağlanıncaya kadar çalışan sürekli görülebilir alarmlar sağlanmalıdır.
 - (g) Uygun talimat ve uyarı işaretleri bulundurulmalıdır.
 - (h) İstendiği yerlerde, bu alanlar içindeki ön-boşalma alarmları diğer alarm sistemlerinden ayrı olarak, yangının algılanması ile gecikme süresinin başlangıcında derhal çalışabilecektir.
 - (i) Söndürücü gazın boşaltılmasından sonra doğal veya cebri çekişli havalandırmayı harekete geçirme araçları: Genellikle cebri çekişli havalandırma gerekir. Söndürücü gazlarının çoğunun havadan ağır olmasından dolayı, tehlikeli atmosferin tamamen giderilmesine dikkat edilmeli ve sadece yer değiştirmesi ile yetinilmemelidir.
 - (j) Sistem çalıştığı zaman doğru hareketlerin yapıldığından emin olmak için, alan içerisine girebilecek bakım veya inşaa personeli dâhil korunmuş alan içindeki veya civarındaki tüm personel için tatbikat ve talimatlar bulundurulmalıdır.

10.9 Genel Çalışma Prensipleri

Gazlı Söndürme Sistemleri otomatik veya elle devreye girecek şekilde tasarlanır. Korunan hacim içinde yangın algılandığında, dedektörler kontrol paneline sinyal gönderir. Sistem çapraz zon prensibine göre çalışır. Tek bir zon dedektöründen sinyal gelmesi durumunda kontrol paneli genel alarm sinyali verir ve boşaltma alarmı verilmez. Her iki zon dedektöründen de sinyal gelmesi durumunda kontrol paneli otomatik yangın söndürme prosedürünü başlatır. Bu prosedür, her sistem için farklılık göstermesine rağmen, her sistemde gecikme süresince (genelde 30 sn.) uyarı ve alarm cihazlarının çalıştırılmasını sağlar. Gecikme süresi başlar. Gecikme süresi mahal içinde bulunanların mahali terk etmesi için gerekli süredir. Gecikme süresinin başlamasıyla ön-alarm sinyali verilir. Duyulabilir ve görülebilir ön-boşaltma alarmı cihazları çalıştığında, mahal acilen terk edilmelidir. Aynı zamanda kontrol paneli boşaltma sinyalini gönderir. Gecikme süresi içinde boşaltmayı durdurmak istenirse, durdurma butonu basılı tutulur. Durdurma butonuna basılı tutulduğu sürece panel fonksiyonlarını durdurur, buton bırakıldıktan sonra belli gecikme süresinin sonunda mahale gaz boşalır. Durdurma butonu gazın boşalma prosedürünü sonlandırmaz. Gecikme süresinin sonunda solenoid vana açılır ve dağıtım sistemine gaz akışı başlar. Dağıtım manifoldu üzerinde yer alan basınç anahtarı gazın boşalmaya başladığı alarm bilgisini kontrol paneline iletir. Nozullardan gaz akışı başlar ve yangın üzerine yüksek hızda gaz boşalır. Işıklı uyarı cihazları gaz boşalmasıyla devreye girer. Sistem, boşaltma butonları vasıtasıyla elle boşaltılır. Elle boşaltma butonları sadece mahalın terk edilmesinden sonra kullanılmalıdır. Elle boşaltma butonları çalıştığında, kontrol panelinden gönderilen sinyal ile gaz boşalır. Sistemin elle boşaltma butonu veya otomatik olarak çalışmaması durumunda, silindir üzerindeki elle boşaltma kolu ile sistem mekanik olarak boşaltılabilir.