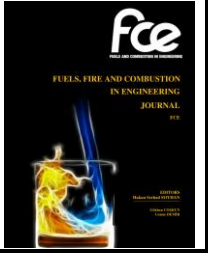
	<b>MÜHENDİSLİKTE YAKITLAR, YANGIN VE YANMA DERGİSİ</b> <i>FUELS, FIRE AND COMBUSTION IN ENGINEERING JOURNAL</i>		
	eISSN: 2564-6435 Dergi sayfası: <a href="http://dergipark.gov.tr/fce">http://dergipark.gov.tr/fce</a>		
	Geliş/Received 08.03.2023 Kabul/Accepted 01.06.2023	Doi: <a href="https://doi.org/10.52702/fce.1262272">https://doi.org/10.52702/fce.1262272</a>	

## İşletmelerde Deprem Kaynaklı Yangınların Önlenmesi

Ümit Şenyürek <sup>\*1</sup>, Hakan Serhad Soyhan <sup>2,3</sup>, Cenk Celik <sup>4</sup>

### ÖZ

Ülkemiz üzerinde yer aldığı fay hatları sebebiyle tarihi boyunca sonucu büyük kayıplara neden olan birçok deprem yaşamıştır. Sanayileşme süreci ile aktif fay hatları üzerine kurulmuş olan ve ülkemizin ekonomisi açısından belkemiği olan fabrikalara ait tesislerin depremlerden etkilendiği, tesislerde kullanılan doğalgaz ve yanıcı parlayıcı sıvılardan kaynaklı yangınlar tesislerde çoğu zaman telafisi zor büyük hasarlara sebebiyet vermiştir. Depremlerin yarattığı kayıpların telafisinin uzun zaman aldığı gerçeği düşünüldüğünde, bu tür yangınların sebep olduğu kayıpların basit önlemler alınarak neredeyse tamamının önlenebileceği ve bu bakımdan işletmelerin kaynaklarının büyük kısmını önleyici yaklaşıma ayırmaları gerektiği bir gerçektir. Bununla birlikte deprem esnasında, farklı senaryolarla meydana gelebilecek yangınların oluşturacağı hasarlara yönelik zarar azaltma ve yangını kısıtlama çalışmaları ile zararın büyük bir kısmının azaltılması esas alınmalıdır. Bu araştırma makalesinde, üretim fabrikalarının deprem fay hatları üzerine kurulu tesislerinde alabilecekleri önlemler irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, Fabrika, Yangın tehlikesi, Önleyici yaklaşım

## Preventing Fires During Earthquakes in Factories

### ABSTRACT

Because of the the fault lines located on our country, many earthquakes which caused big losses have been experienced throughout its history. By the industrialization period, it has been observed that the facilities of the factories which were built on active fault lines were affected by earthquakes, fires caused by the natural gas and flammable liquids used in the facilities often caused great damage that difficult to compensate and hit the backbone of our country's economy. Considering the fact that it takes a long time to cover the losses which caused by earthquakes, it is a fact that almost all of the losses caused by such fires can be prevented by taking simple precautions. It is a fact that the great portion of the resources of the

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author,

<sup>1</sup> Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü - Kocaeli \ Türkiye, [umitsenyurek@yahoo.com](mailto:umitsenyurek@yahoo.com), 0000-0002-0543-4364

<sup>2</sup> Sakarya Üniversitesi, Yangın Uygulama ve Araştırma Merkezi, Sakarya, Türkiye, [hsoyhan@sakarya.edu.tr](mailto:hsoyhan@sakarya.edu.tr), 0000-0003-3723-9640

<sup>3</sup> Teamsan Ltd Şti, Sakarya University Technology Development Zones Manager CO Esentepe Quarter Akademiyolu Street Building No. 10 – A Blok No: 103 Serdivan / Sakarya [hsoyhan@sakarya.edu.tr](mailto:hsoyhan@sakarya.edu.tr), 0000-0003-3723-9640

<sup>4</sup> Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Kocaeli \ Türkiye, [cenkcelik@kocaeli.edu.tr](mailto:cenkcelik@kocaeli.edu.tr), 0000-0002-2918-3635

companies should be allocated to the preventive approach. In this research article, the precautions that should be taken for production factories which located on earthquake active fault lines are discussed.

**Keywords:** Earthquake, Factory, Fire hazard, Preventive approach

## 1. GİRİŞ

Deprem, yerkabuğunun üst kısımlarında uzun zaman içinde biriken enerjinin aniden boşalması ve yeryüzünün sarsılması olayı olarak tanımlanmaktadır [1].

Deprem Bölgeleri Haritası'na göre, ülkemizin %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde [2] ve deprem fay hatları üzerinde yer aldığını, geçmişten bu güne yıkıcı etkide bir çok deprem yaşandığı gerçeğini bilmekteyiz. Sanayileşme ile birlikte depremin yol açtığı doğrudan kayıpların da ülke ekonomisine olan etkisinden de bahsedebilmekteyiz.

Fay hattı üzerinde teşkil edilmiş betonarme veya çelikten imal edilmiş çok sayıda tesis mevcuttur. 17 Ağustos 1999 Gölcük depremi bize göstermiştir ki özellikle betonarme prefabrik yapılar çok fazla hasar görmüştür [3]. Yıkımlar nedeniyle, yapıların altında kalan makine, donanım ve üretilmiş mallardaki kayıplar oldukça büyük boyutta olmuştur [1].

Uluslararası sigorta şirketlerinin yayınladığı rapora göre deprem sonrası meydana gelen hasarların ve kayıpların %80 kadarı yangınlardan kaynaklanmaktadır [4].

Bu çalışmada, binaların yönetmeliklere tam uyum içinde yapıldığı düşünülerek belli başlı önlemler özetlenmiştir.

Depremin sebep olacağı muhtemel yangın hasarlarına hazırlık anlamında yapılabilecekleri temel olarak üç aşamada değerlendirmek esastır. Bu üç aşama; deprem öncesi hazırlıklar, deprem sırasında yapılacaklar ve sonrasında oluşan yangın ile etkin mücadele.

Önleyici yaklaşım göz önünde tutularak alınacak tedbirler yangın oluşumunu engellemek amacıyla felaketlerden önce stratejik bir plan doğrultusunda tesis edilmesini barındırmaktadır.

Zarar azaltıcı yaklaşım ise deprem esnasında ve sonrasında sıralı bir takım faaliyetlerin insan ve mal kayıplarını en aza indirecek şekilde tesisin yangın yükü göz önüne alınarak mücadele kabiliyetinin belirlendiği etkin bir risk analizi kullanılarak uygulanmalıdır.

Önleyici yaklaşıma öncelik verilmesi ve işletmenin maddi kaynakları ile iş gücünü ağırlıklı tahsis etmesi gereken konu olması sebebiyle oldukça önemlidir. Bunu yaparken

gelişi güzel yapılmaması bir strateji gözetilmesi esastır.

Deprem sırasında veya sonrasında oluşacak zararın azaltılmasını destekleyen zarar azaltıcı yaklaşımın da benzer şekilde bir risk analizi ile desteklenmesi şarttır.

Her bir işletmenin deprem ile birlikte yangın çıkma olasılığı; yaptığı iş, tesislerinin barındırdığı yangın yükü, çalışma saatleri, bina yapısı, gibi unsurlar dikkate alınarak tesis edilmelidir.

Tesisin yangın yükü burada oldukça geniş bir kavramı içinde barındırmaktadır. İşletmenin kullandığı yanıcı parlayıcı sıvılar, bunların depolandığı, işlendiği tesisler ile birlikte doğalgaz kullanıldığı kısımlar, basınçlı gaz tüplerinin depoları, hammadde ve bitmiş ürün depoları ile birlikte yarı mamul stok sahaları, konteyner alanları yangın yükünü belirleyici prosesler ve saklama alanlarıdır.

Bilim insanları depremlerin yoğunluğunu farklı şekillerde ölçmektedirler. Depremin güç veya boyutu iki şekilde ölçülmektedir. İlki depremin "şiddeti" diğeri ise "büyüklük" değeridir. Depremin şiddeti; depremin oluştuğu derinlikten yeryüzünde hissedildiği noktada etkisinin ölçüsüdür. Bir başka anlatımla depremin şiddeti, yapılar, cisimler ve insanları ne şekilde etkilediğinin bir ölçüsüdür. Bu etki bir çok parametreye bağlıdır; depremin büyüklüğü, odağının yeryüzüne olan mesafesi, uzaklığı, yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılık. Şiddet, depremin büyüklüğü hakkında binalara, cisimlere verdiği etki nispetinde bilgi vermektedir. Bu sebeple kendi başına doğru bir bilgi değildir.

Depremin şiddeti, "Şiddet Cetvelleri" göz önünde tutularak değerlendirilir. Bu cetveller depremin etkilediği her şeyin depreme gösterdiği tepkiyi değerlendirmektedir [5].

Depremin büyüklüğü; deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi olanağı olmadığından, Amerika Birleşik Devletlerinden Prof. C. Richter tarafından 1930 yıllarında bulunan bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü olan "Magnitüd" tanımlanmıştır.

Depremden kaynaklanan yangınlara bakıldığında temel sebeplerinin elektrik veya yakıt kaynaklı olduğu görülmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde deprem sonrası meydana gelen yangınların sebeplerine bakıldığında; yakıt kaynaklı yangınlar %15-50 sini oluştururken, elektrik kaynaklı yangınlar %40 ve üzerinde bir oranını oluşturmaktadır [6].

## 2. ÖNLEYİCİ YAKLAŞIM

Ağırlıklı olarak yapılması gereken ve oluşacak hasardan kaynaklanabilecek yangın olaylarının önlenmesinde en temel yaklaşım önleyici yaklaşım olmalıdır.

Bu kapsamda tesis edilmesi gereken sistemler birbiriyle bağlantılı olmalı ve belirlenmiş zaman aralıklarında üreticinin tavsiyesi doğrultusunda denenmesi gereklidir.

Bu sistemlerin bazıları yönetmeliklerde, ulusal veya uluslararası standartlarda açıkça belirtilmiş olup, bakımları, periyodik testleri ile ilgili hususlarına istisnasız uyum hayati önem taşımaktadır.

İşletmenin depremin etkilerinden kaynaklanacak olası yangınlardan korumak için öncelikli olarak işletmenin aktif fay hatları ve bölgesine olan uzaklığı bilinmeli, işletmenin faaliyetlerinden kaynaklı olarak doğalgaz, yanıcı ve parlayıcı sıvı kullanımı, basınçlı tüp kullanımı, hammadde (plastik silosu dahil) söz konusu olduğu alanlarında mevzuat açısından "Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik" gereği "Patlamadan Korunma Dökümanı" hazırlanması ve tüm tehlike zonlarının tanımlanması ön koşuldur.

İşletme bu hazırlıkla birlikte, İş Sürekliliği Planı hazırlamalı, tesisini bu plan doğrultusunda karşılaşılabileceği her türlü felakete hazırlamak adına gelişim planı oluşturmalıdır. Bu planları her yıl gözden geçirmeli, buna maddi kaynak ayırarak üst düzey yönetim tarafından disipline edilmesi elzemdir [7].

### 2.1. Deprem Sensörleri

Deprem sensörleri özellikle doğalgaz ile yanıcı parlayıcı sıvıları tesislerinde kullanan işletmelerde, öncelikle yapılmalıdır.

Bu sistemlerin temel amacı meydana gelen sarsıntının algılanması ile birlikte devre kesicilere sinyal göndermek, risk öncelikli birtakım senaryoların uygulanmasıdır.

Deprem sensörleri mekanik veya elektronik olacak şekilde tesis edilebilmektedir.

Mekanik sistemlerde, kutu içerisinde bulunan metal top, bir şalter üzerinde durmaktadır. Sarsıntı sırasında bu top düşerek şalteri aktif hale getirmekte ve sinyal göndermektedir.

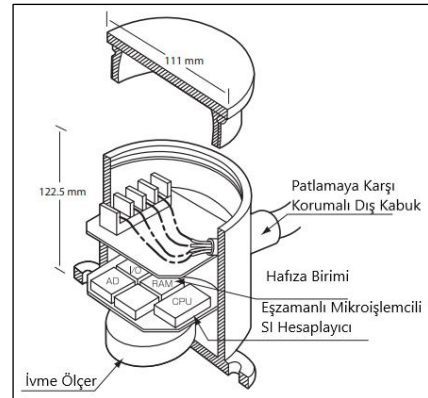


Şekil 1 Mekanik sismik sensörünün genel görüntüsü [8]



Şekil 2 Mekanik sismik topunun şalter üzerindeki görünümü [8]

Elektronik sistemlerde ise hassas sensörler vasıtasıyla algılama ve değerlendirme yapılmaktadır.



Şekil 3 Sismik sensörünün genel yapısı [9]

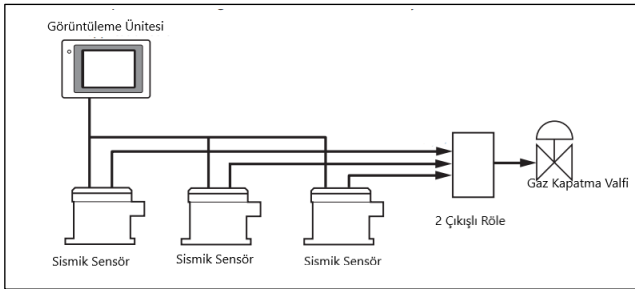
Tablo 1 Shindo skalası [10]

Şid det	İnsanların algıları ve tepkileri	İç ortam gözlemler	Dış ortamdaki gözlemler
0	İnsanlar hissetmezler ancak sismometreler tarafından kaydedilmiştir.	-	-
1	Binalarda kalan bazı insanlar tarafından hafifçe hissedilir.	-	-
2	Binalarda kalan birçok insan tarafından hissedilir. Uykuda olan bazı insanlar uyanmış olabilir.	Lambalar gibi asılı nesnelere hafifçe sallanır	-
3	Binalardaki çoğu insan tarafından hissedilir. Yürüyen bazı insanlar tarafından hissedilir. Uyumakta olan birçok insan uyanır.	Mutfak raflarında, vitrinlerde yer alan tabak, bardak gibi nesnelere kaynaklı sesler oluşabilir.	Elektrik telleri hafifçe sallanır.
4	Çoğu insan ürker. Yürüyen çoğu insan tarafından hissedilir. Uyumakta olan bir çok insan uyanır.	Lambalar gibi asılı nesnelere önemli ölçüde sallanır. Mutfak raflarında, vitrinlerde yer alan tabak, bardak gibi nesnelere kaynaklı sesler daha belirginleşir. Sabitlenmeden duran biblo, vazo gibi masa üstü süsler düşebilir.	Elektrik telleri önemli ölçüde sallanır. Sürücüler bu titremeyi fark edebilir.
5-	Birçok insan korkar ve sabit bir şeye tutunma gereği hisseder.	Lambalar gibi asılı nesnelere şiddetle sallanır. Mutfak raflarında, vitrinlerde yer alan tabak, bardak gibi	Bazı durumlarda, pencereler kırılabilir ve düşebilir. İnsanlar elektrik direklerinin hareket

		nesnelere, kitaplıklar düşebilir. Sabitlenmeden duran biblo, vazo gibi masa üstü süslerin birçoğu düşebilir. Güvenli olmayan mobilyalar hareket edebilir ve dengesiz mobilyalar devrilebilir.	ettiğini fark ederler. Yollarda hasara neden olabilir.
5+	Birçok insan hareket etmekte güçlük yaşar. Sabit bir şeye tutmadan yürümek zordur.	Mutfak raflarında, vitrinlerde yer alan tabak, bardak gibi nesnelere, kitaplıklar büyük olasılıkla devrilir. Televizyonlar stantlarından düşebilir. Dengesiz mobilyalar devrilebilir.	Güvenli olmayan mobilyalar devrilebilir. Camlar kırılabilir ve düşebilir, takviye edilmemiş beton blok duvarlar çökebilir, otomobiller sürekli hareketin zorluğundan dolayı durabilir.
6-	Ayakta durmak zordur	Güvenli olmayan birçok mobilya hareket eder ve devrilebilir. Kapılar sıkışabilir.	Duvar karoları ve pencereleri hasara neden olabilir ve düşebilir.
6+ 7	Ayakta kalmak veya sürünmeden hareket etmek imkansızdır. İnsanlar havaya fırlayabilir.	En güvensiz mobilyalar hareket eder ve büyük olasılıkla devrilirler	Duvar karoları ve pencerelerden kırılma ve düşme olasılığı daha yüksektir. Güçlendirilmemiş beton blok duvarların çoğu çöker.
		Güvenli olmayan mobilyaların çoğu hareket eder ve hatta fırlayabilir.	Duvar karoları ve pencereler büyük olasılıkla kırılır ve düşer. Güçlendirilmiş beton blok duvarlar çökebilir.

Bu sensörler, deprem parametrelerini algılayarak sismik yoğunluğu içerisinde bulunan ivme ölçerden üretilen ivme sinyaline dayanarak hesaplar. Bu parametre değerine göre dijital ve analog elektrik sinyali üretir. Tahmini deprem şiddeti Japon Meteoroloji Enstitüsü tarafından geliştirilen Shindo skalası değerlendirilerek önceden belirlenen bir şiddete ayarlanır.

Deprem sarsıntısı, önceden ayarlanan şiddete geldiğinde bir analog veya dijital olarak tasarlanmış ekipman vasıtası ile önceden senaryosu belirlenmiş eylemler yaptırılabilir.



Şekil 4 Sismik sensörler ile sistem genel dizaynı [9]

Deprem şiddeti Tablo 1’de verilen Shindo skalası vasıtasıyla hazırlanmış senaryodaki eşik değere gelindiğinde, kontrol paneline sinyal göndererek bir takım işlemleri yaptırmaktadır. Sistem ile uyumlu kapatma valfleri vasıtasıyla işletmede yangına sebep olabilecek doğalgaz, hattı kapatılır, hat içindeki gaz boşaltılır, gerekli ise genel anons yaptırılır, elektrik kesilmesi gereken kısımlar için uygulama yapılır.



Şekil 5 Sismik sensörünün dış görünüşü [8]

## 2.2. Deprem Sensöründen Alınan Sinyalin Değerlendirilmesi

Sensörler algılama yaptıktan sonra sistem elektronik ise bir sonraki adımda deprem skalası içerisinde bunun değerlendirilmesi ve şiddete göre birtakım sinyaller gönderilerek acil durum senaryosu çalıştırılmalıdır. Aşağıda Japon Shindo

Skalası temel alınarak hangi acil durum eylemlerinin yaptırılacağı senaryosu örnek olarak verilmiştir. Sensörden gelen sinyalin işlenmesi ve hangi değerde olduğuna karar verdiğinde elektriksel sinyaller göndererek birtakım işlemleri yaptırması kurgulanmalıdır.

$\phi < 3$	$3 \leq \phi < 5-$	$5- \leq \phi < 6-$	$\phi \geq 6-$
Elektronik deprem sensörleri 3 şiddetinin altında bir depremi hissetmezler	Bir aksiyon alınması gerekli değildir.	-Acil durum anonsu otomatik devreye girer. -Fabrika çalışanları tahliye edilir.	-Acil durum anonsu otomatik devreye girer. -Fabrika çalışanları tahliye edilir. -Aynı anda gaz hatları otomatik olarak boşaltmaya başlar.

Şekil 6 Shindo skalası ile sistem uyarı eşik değerlerinin kullanımı [8]

Tesisin kritik enerji girdileri, yakıt hatları ve ekipmanları önceden belirlenmeli ve örneğin brülör, fırın vb ekipmanların beslendiği doğalgaz hatlarının kesilmesi öncelikle sağlanmalıdır.



Şekil 7 Sinyal vasıtasıyla gaz kesme vanası [8]

Doğalgazın kesilmesi tek başına yeterli olmayıp boru hattı içinde kalan gazın tesis dışına tahliye

edilmesi gereklidir. İkinci bir sinyal gaz atım valfini açarak hat içinde kalan gazın tamamını atmosfere atmalıdır. Burada doğalgaz havadan hafif olduğundan gazın atıldığı yerin yakınlarında sıcak yüzey veya tutuşturucu bir kaynak olmamalıdır.



Şekil 8 Sinyal vasıtasıyla gaz tahliye vanası [8]

Tesiste yanıcı ve parlayıcı sıvıların hat vasıtasıyla aktarımı söz konusuysa, genelde hava basıncıyla çalışan bu tür sistemlerde, basınçlı havanın kesilmesi ve hat içine sıvının ilk çıkış noktasına serbest geri aktarımı sağlanmalıdır.

### 2.3. Doğalgaz Boru Sismik Askılamaları

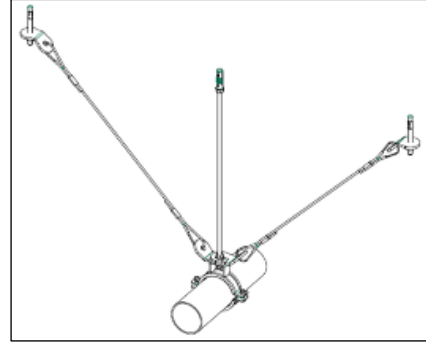
Doğalgaz borularının deprem esnasında sarsıntıdan korunması ve kırılmaması için önlem alınmasının kapsamı ve gerekliliği "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" içinde "Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, sismik hareketlere karşı ana kolonların herhangi bir yöne sürüklenmemesi için, dört yöllü destek kullanılması ve 65 mm ve daha büyük nominal çaplı boruların katlardan ana dağıtım borularına bağlanmasında esnek bağlantılar ile boruların tavanlara tutturulmasında iki yöllü enlemesine ve boylamasına sabitleme askı elemanları kullanılarak boruların kırılmasının önlenmesi gerekir" şeklinde belirtilmiştir [11]. Bu önlemin uygulaması için gerekli hesaplamalar ve tasarım kriterleri şu standartlara ve yönetmeliklere göre yapılmalıdır; Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Amerika

İnşaat Mühendisleri Birliği; ASCE 7 standardı; binalar ve diğer yapılar için minimum tasarım yükleri, Uluslararası Bina Kodu; IBC 2009, Ulusal Yangından Korunma Ajansı; NFPA13 standardı, Federal Acil Durum Yönetim Ajansı; FEMA E-74 pratik kılavuzu; Yapısal olmayan deprem hasar riskinin azaltılması.

Söz konusu sismik bağlantıların tesis edilmesi bir statik hesaplama ve projelendirme ile tüm stratejik borulara ve havalandırma sistemlerine uygulanması elzemdir.

#### 2.3.1. Enlemesine Sismik Askılama

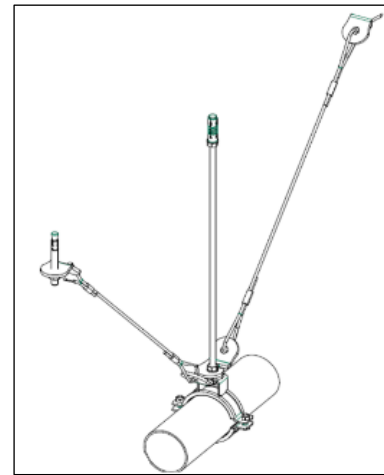
Sistemin esasında şu parametreler gözetilmelidir; her boru hattının başlangıç ve bitişinin 1,8 m mesafesinde ve en fazla 12 m aralıklar ile tüm hat boyunca yapılmalıdır. Çapına bakılmaksızın bütün besleme hatları ve ana hatlar ile DN65 ve üzeri diğer tüm hatlara uygulamak esastır.



Şekil 9 Enlemesine sismik boru bağlantıları [12]

#### 2.3.2. Boylamasına Sismik Askılama

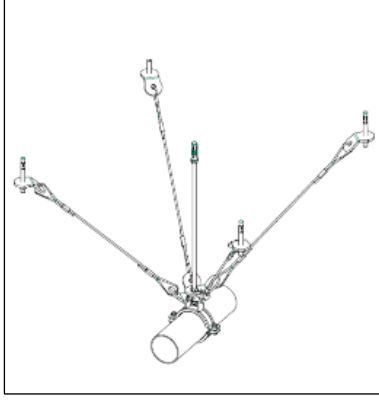
Sistemin esasında şu parametreler gözetilmelidir; Her hattın başına ve sonuna 12 m içinde konmalıdır. En fazla 24 m aralıklar ile tüm boru hattı için uygulanır. DN65 ve üzeri diğer tüm boru hatlarına uygulanır.



Şekil 10 Boylamasına sismik boru bağlantıları [12]

#### 2.3.3. Dört Yönlü Sismik Askılama

Sistemin esasında şu parametreler gözetilmelidir; 100 cm üzerindeki inişlerde, dirsekten 60 cm içeride uygulanmalı, U bolt dışında herhangi bir kelepçe ile dikey hat askılanmış ise hattın yataya dönmelerinden 60 cm içerisinde kullanılmalıdır. Enine ve boyuna askılamaların çakıştığı yerde alternatif olarak kullanılmaktadır.



Şekil 11 Dört yönlü sismik boru bağlantıları [12]

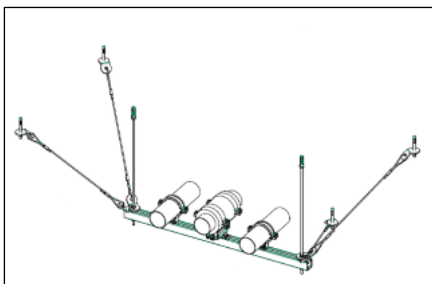
### 2.3.4. Grid Boru Sistemi Sismik Askılama

Grid borulama sistemi en az iki dağıtım borusunun çok sayıda branşman borusu ile birbirine bağlantısını içerir. Ana besleme borusuna yakın olan dağıtım borusu “yakın dağıtım veya birincil dağıtım” ve ana besleme borusuna uzak olan dağıtım borusu “uzak dağıtım veya ikincil dağıtım” olarak adlandırılır.

Sistemin esasında şu parametreler gözetilmelidir; tesisatların branşman hattındaki son askı yatay ve dikey deprem yüklerine karşı sınırlandırılmalıdır. Boru üst kotu ile tavan arası mesafe 15 cm’ den az ise uygulamadan muaf tutulabilir.

### 2.3.5. Boru Demetlerinin Sismik Askılaması

Boru demetinin üstü ile tavan arası mesafe 30 cm’den az ise uygulamadan muaf tutulabilir. Boru demeti ağırlığı 15 kg/m’ den az ise uygulamadan muaf tutulabilir. En fazla 12 m de bir enine, 24 m de bir boyuna sınırlandırma yapılmalıdır.



Şekil 12 Boru demeti sismik boru bağlantıları [12]

## 2.4. Rafların Dinamik Hesaplaması ve Sabitlemesi

Tesislerin içinde yer alan raf sistemleri üzerine konulan ağırlıkları olası bir depremin etkisine karşı devrilmeyecek şekilde taşınması veya kendisi çökmeyecek şekilde dayanım göstermesi hayati önem taşımaktadır. Raflara konulan yükler, kimyasal maddeler, yanıcı veya parlayıcı maddeler devrilmeden durabilmelidir.



Şekil 13 Santa Clarita, California depremi sonrası boyaların raflardan dökülmesi [13]

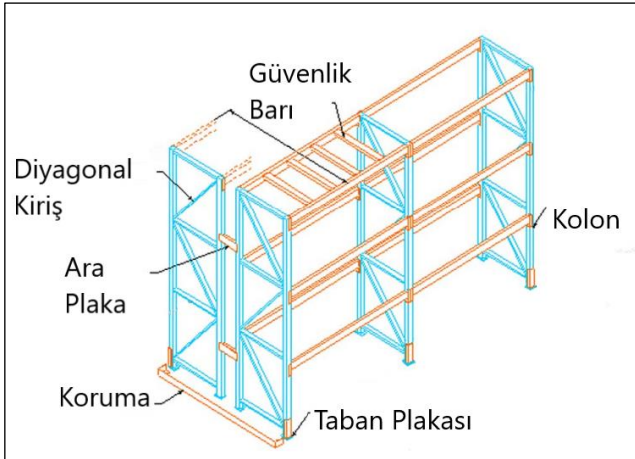
Bundan dolayı her bir raf yapısının depreme karşı güvenli ve kullanım amacına uygun olarak projelendirilmesi ve inşaa edilmesi gerekmektedir. “İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği” nde endüstriyel rafların kontrol edilmesi açıkça istenmektedir [14]. İlgili yönetmelik TS EN 15635 standartına atıfta bulunarak, kontrollerin en geç 1 yıllık azami süre içinde yapılmasını belirtmektedir. Bu standart kurulum, kullanım, bakım ve kontrol süreçlerini tarif etmektedir [15].

İlgili kontroller yapılırken yararlanılan diğer Türk Standartları (TS EN) da şunlardır:

- TS EN 15512.2009: Ayarlanabilir Palet Raf Sistemleri, Yapısal Tasarım Kuralları,
- TS EN 15620: Ayarlanabilir Palet Raf Sistemleri Çarpılma ve Aralık Toleransları,
- TS EN 15629: Saklama Ekipmanlarının Özellikleri,
- TS EN 15878: Terimler ve Tarifler
- TS EN 16681: Ayarlanabilir Palet Raf Sistemleri Deprem İçin Tasarım Kuralları



-TS EN 15095+A1: Güçle Çalışan Mobil Depolama Carousel (Döner) Sistemi, Sıralama ve Raflama Sistemi ve Depolama Lifti - Güvenlik Kuralları.



Şekil 14 Raf sistemleri koruma donanımı [13]

Raf sistemlerinde iki temel konu önemlidir. İlki taban plakalarının zemin sabitlemesi ile birlikte rafların yapısal dayanımının sağlanmasıdır. Diğer önemli konu ise raflardaki yüklerin sarsıntı ile hareket etmemesi için sabitlenmesidir.



Şekil 15 Raf sistemlerinin yere sabitlenmesi [13]



Şekil 16 Raf sistemlerinden yüklerin devrilmemesi için alınan tedbirler [13]

Raflar kurulum aşamasında, yüklenebilecekleri azami yükü gösterir statik yük ve deprem altında davranışını gösterir dinamik taşıma kapasitesi

hesaplamaları ile kurulmalı ve teslim edilirken bu rapor mutlaka alınmalıdır. Kullanım esnasında azami yük gözetilerek raflara yükleme yapmak esas alınmalıdır. Şekil 17' de örnek bir uyarı etiketi verilmiştir.



Şekil 17 Raf uyarı etiketi örneği [15]

## 2.5. Konteynerlerin ve Ağır Yüklerin Yerleşimi

Konteynerler içinde malzemelerin bekletileceği stok alanların devrilme riski düşünülerek, yangın veya patlamaya sebep olmayacak şekilde kritik alanlardan uzakta ve üst üste çok fazla kat konulmaması esas alınmalıdır. Üst üste konteyner konulmasını kısıtlayan mevzuat olmamakla beraber bazı işletmelerin bunu 3-4 kat ile kısıtlamaları sadece deprem değil, rüzgârdan kaynaklanabilecek devrilme tehlikesini de hesaba katmasındandır.

Konteyner içindeki malzemelerin devrilme ile birbiriyle reaksiyona girme tehlikesi de değerlendirilmelidir.

Konteynerlerin düşme tehlikesi göz önünde tutularak, acil durum kaçış yolları ve acil durum toplanma alanları konteyner sahası içerisinde olmamasına özen gösterilmelidir.

## 2.6. İşletmede Kullanılan, Depolanan Yanıcı Gazlar

Basınçlı gazların kullanımı ile ilgili de mevzuatlar (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Basınçlı Kaplar ve Bu Kapların Muayene Yöntemlerinin Ortak Hükümlerine Dair Yönetmelik, Basit Basınçlı Kaplar Yönetmeliği, Taşınabilir Basınçlı Ekipmanlar Yönetmeliği, İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği) içinde bir takım maddeler konulmuştur. Likit Petrol Gazı (LPG) tüpler halinde kullanılmaktaysa bunun bodrum katında yapılmaması gerektiği ve olası sızıntıyı algılayacak önlemlerin tesis edilmesi, olası sızıntı

halinde LPG hattının kesilmesi esastır. Sızıntıyı atacak bir de havalandırma gerektirmektedir. Depolanan basınçlı tüplerin ise yuvarlanması veya devrilmesi engellenecek şekilde depolanması esastır. Boş ve dolu tüplerin de ayrı depolanması bir başka güvenlik tedbiridir [11].



Şekil 18 Düşmeye ve devrilmeye karşı sabitlenmiş basınçlı gaz tüpleri [16]

### 2.7. Gaz Yakıcı Sistemlerde (Brülör) Güvenlik

TS EN 746-2 standardının kapsamına bakıldığında, ocak, ısıtma ve tav fırınları, ergitme fırınları, tuz banyosu gibi ısıtma sistemleri, ergitme kapları, döküm makinelerinde kullanılan torç ve pota ısıtıcılar ile bütünleşik yapıya sahip brülörleri kapsadığı görülmektedir [17].

Gaz yakıcı sistemler için geliştirilmiş bir standart olan TS EN 746-2 uyarınca endüstriyel gaz yakıcı sistemlerinde olası gaz borusu hasarına karşı düşük basınç algılama ve devre dışı bırakma sistemi dahil edilmeli ve yine fırının devreye alınması veya durdurulması esnasında meydana gelecek gaz kaçağının algılanması sağlanmalıdır.

## 3. ZARAR AZALTICI YAKLAŞIM

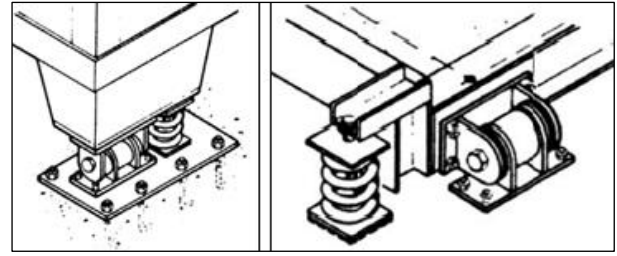
Deprem oluşumu esnasında ve sonrasında bir takım alınacak önlemler eşliğinde oluşacak zararın azaltılması hatta zararın tamamen önlenmesi mümkündür. Bu doğrultuda stratejik ekipmanlar ve işletme güvenliği planları doğrultusunda önlemler tesis edilmelidir. Bu stratejik plan doğrultusunda bazı ekipmanların deprem ile birlikte özellikle faal halde çalışmaya devam etmesi bazılarının da kendisini kapatması arzulanmaktadır.

### 3.1. Sismik İzolatörler

Sismik izolatörler, başta işletmenin acil durum jeneratörleri, kompresörleri gibi acil durumda çalışması hayati önem taşıyan ekipmanlarına ve kazan, fırın gibi yakıcı gazların kullanıldığı endüstriyel ekipmanlara öncelikle

uygulanmalıdır. Bu sebeple yapılacak risk değerlendirmesinde bu ekipmanların hangileri olduğu tespit edilmelidir.

Titreşim yapan cihazlar doğrudan döşemeye katı olarak bağlanamaz. Aksi halde cihazın titreşimleri yapıya geçerek, burada yaşayanları ciddi biçimde rahatsız eder. Bunu önlemek için bu tip cihazlar yapıya titreşim izolatörleri üzerinde otururlar. Titreşim izolatörleri a) yaylı ayaklar veya b) lastik takoz ayaklar (veya yastıklar) olabilir. Bu ayaklar yapıya katı olarak bağlı olmadıklarından deprem anında cihaz rahatça savrulabilir.



Şekil 19 Cihaz altına ve yanına montajı yapılan sismik korumalar [18]

Titreşim sönümleyici bağlantı elemanları; sismik izolatör, akustik takoz, bağlantı elemanı, ses yalıtım takozu, tavan askı aparatı, ürünleri, tüm yapı elemanları ile uyumlu, gürültü ve titreşim kontrolü sağlayan, özel elastomer izolatörlü duvar/tavan taşıyıcı elemanlarıdır. Sismik izolatörler, yapıda meydana gelecek titreşimi sönümleyerek ses oluşumunu engeller.

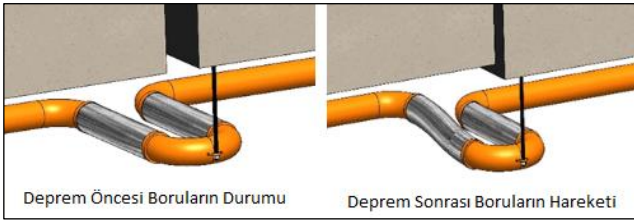
Sismik izolatörlerin tasarım ve uygulamasında dikkat edilmesi gereken kural kaide kenarına olan mesafesidir. Mesafenin uygun olmadığı durumlarda, izolatörün kaideye bağlandığı civatanın betonu kırması kaçınılmaz olur. Bu tür durumlardan kaçınmak için; kenar mesafesi ve bağlantı derinliği, sismik yüklere göre hesaplanmalıdır. İzolatör, sismik yüklere dayanıklı seçilmemiş ve kaideye bağlanmamış olması ilgili cihazın olası depremde işlevini engelleyebilecektir.



Şekil 20 Hatalı kullanım nedeniyle zarar gören sismik izolatörler [19]

### 3.2. Yangın ve Havalandırma Hatları Askılama

Yasal mevzuat gereği, yangın borularının, tıpkı doğalgaz boruları gibi askılanmasını istemektedir. Yasanın temelde istediği şey; birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yer alan işletmelerin, yangın borulamalarının herhangi bir yöne sürüklenmemesi için, dört yöllü destek kullanılması ve 65 mm ve daha büyük nominal çaplı boruların katlardan ana dağıtım borularına bağlanmasının esnek bağlantılar ile boruların tavanlara tutturulmasında iki yöllü enlemesine ve boylamasına sabitleme askı elemanları kullanılarak boruların kırılmasının önlenmesi gerektiğini belirtmektedir. Dilatasyon geçişlerinde her üç yönde hareketi karşılayacak detaylar uygulanır [11]. NFPA 13' e göre her üç yöne hareketi en az 1 derece olabilecek şekilde karşılamalıdır. Boru çapı 203 mm'den fazla olduğu durumlarda ise en az 0.5 derece hareket serbestliği tanınmalıdır [20].

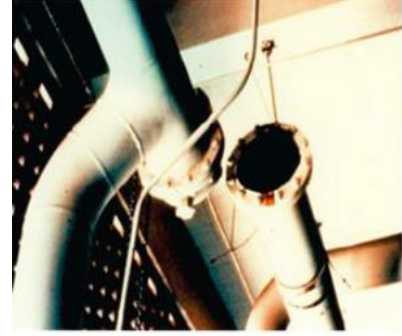


Şekil 21 Dilatasyon bağlantı elemanlarının deprem davranışı [20]

Şekil 22' de betondan boru geçişinde dilatasyon kullanılmaması sebebiyle rijit duran boru beton geçişinin boruya zarar verdiği bir örnek verilmiştir.



Şekil 22 Dilatasyon uygulanmamış geçiş [21]

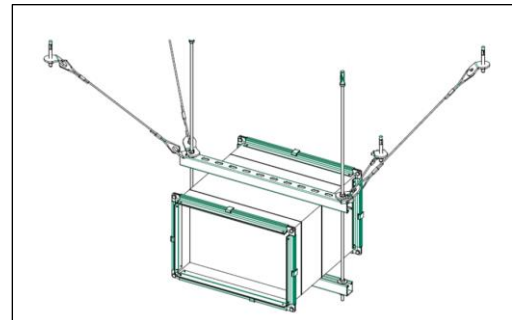


Şekil 23 Dilatasyon uygulanmamış geçiş [21]



Şekil 24 Dilatasyon uygulanmamış geçiş [21]

Havalandırma kanalları özellikle yanıcı sıvıların depolandığı veya işlendiği yerler için, patlamaya yol açabilecek buharın veya tozun havadaki konsantrasyonunun patlama alt limitinin altında tutulması amacıyla çok önemlidir. Bu tür binalarda hava değişim katsayısı saatte en az 6 olacak şekilde "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" içinde belirtilmiştir [11]. Deprem durumunda, yanıcı parlayıcı sıvıların bina içinde yayılımı tehlikesi meydana gelmesi durumu, buna karşı da hava atımının aralıksız devam edecek şekilde tutulması elzemdir. Deprem etkisinden kaynaklanacak şekilde havalandırma sisteminin hasar almaması için sismik askılanması önemlidir.



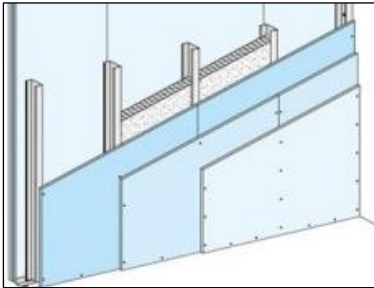
Şekil 25 Havalandırma kanalı askılanması [12]

Tasarım kriterlerinde; askılama kanal üst kotu ile tavan arası mesafe 30 cm'den az ise veya askılama kanal kesitinin  $0,56 \text{ m}^2$ ' den az olduğu durumlarda uygulanmayabilir. Askılama en fazla 9 m' de bir enine, 18 m' de bir boyuna olarak uygulanmalıdır.

### 3.3. Binanın Konumu ve Yapısının Seçimi

Yanıcı ve parlayıcı sıvıların elleçlendiği, depolandığı veya işlendiği alanların tasarımında ve inşaa aşamasında, işletim esnasında veya deprem gibi afetler nedeniyle gelişebilecek bir yangın durumunda yangının diğer alanlara yayılımının önlenmesi veya sınırlandırılması sağlanmalıdır.

Bu bakış ile ulusal mevzuatımızda "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" gereği bazı bina veya tesislerin 120 dakika yangına karşı dayanıklı yapıda olması, yangına karşı sınırlandırılmış olması şartı koşulmuştur. En temelde bu binalardan biri; basınçlı tüplerin depolandığı alanlar diğeri ise yanıcı parlayıcı sıvıların depolandığı veya işlendiği binalardır. İlgili binaların yapı malzemeleri aynı yönetmeliğin Ek-2'de bina yapı malzemelerin yangınlık sınıflarının seçiminde TS EN13501-1 standardı ile değerlendirilmelidir [11].



Şekil 26 Yangın dayanımlı duvar örneği [22]

Tek başına taşıyıcı panelden yapılmış yapının yangına karşı dayanımlı bir malzeme kullanıldığı söylenebileceği halde 120 dakika yangın dayanımından bahsedebilmek için kullanılan malzeme, yangın direnci ve kalınlığı etki eden faktörler olup yapılacak özel uygulamaların özellikle 120 dakika yangın dayanımı sertifikalandırılmalıdır.

Çatı malzemesi seçiminde ise üst katmanın TS EN 13501-5 standardına göre BROOF sınıfına haiz, ultraviyole (UV) dayanımlı sentetik örtüler; polivinil klorür (PVC), termoplastik poliolefin (TPO) gibi malzemelerin kullanılması gereklidir.

### 3.4. Acil Durum Planları

İşletmenin yaşayabileceği tüm acil durumlar tahlil edilmeli, buna uygun stratejiler geliştirilmelidir.

"İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik" hükümlerince hazırlanması gereken acil durum planı ayrıntılı olmalı ve İş Sürekliliği Planı (Business Contunity Plan) ile uyumlu organize edilmelidir [23].

Bu planlar içerisinde çeşitli açılardan kritik (yangın, üretim devamlılığını vb) olan tüm ekipmanlar yer almalı ve bu ekipmanların deprem nedeniyle zarar görmelerini engellemek için çalışma yapılmalıdır.

Tesisin gaz, elektrik, yanıcı ve parlayıcı sıvı kesme senaryolarının tümü yazılı halde tutulmalıdır. Bu senaryolar tatbikatlar ile periyodik olarak tatbik edilmelidir.

Acil durum müdahale ekipleri vardiyalara uygun belirlenmeli ve bu kişiler yedeklenmelidir.

### 3.5. Yanıcı Parlayıcı Sıvılar ve Sızıntı Algılama Sistemleri

Yanıcı ve parlayıcı maddelerin tutulduğu depolar veya hatlar, olası bir kaçak durumunda iletildiği ortamda yayılacak parlayıcı sıvı buharını algılamak önemlidir. Bu sebeple alana konulacak algılama dedektörleri kıvılcım çıkartmaz özellikte (Exproof) olmalı, algılama yapılması istenen yanıcı – parlayıcı sıvının alt patlama limiti (LEL) değerinin altında bir değer için alarm verecek şekilde ayarlanması gereklidir. Bunun için de bir senaryo kurgulanarak olası sızıntı ile otomatik birtakım işlemler (örneğin havalandırma sisteminin çalışması, kapıların kapatılması, vb.) yaptırılmalıdır.



Şekil 27 Gaz dedektörü [24]

Bu sıvıların daha düşük miktarlarda ve depo sahası dışında bir yerde depolanması istendiğinde, bu iş için imal edilmiş, kapağında contası olan yangına

dayanımlı ve kabul görmüş test sertifikası olan (UL, FM, GS vb) dolaplar kullanılması gereklidir.

Söz konusu dolapların zemine sabitlenmesi gereklidir.



Şekil 28 Zemine sabitlenmiş kimyasal dolabı [4]

### 3.6. Yangın ile Mücadele

Deprem sonrası oluşacak yangınlara karşı zarar azaltımı açısından reaktif bir önlem olan yangın ile mücadele aktif ve pasif olmak üzere iki önlem grubunun birlikte sağlanması amaçlanmalıdır.

#### 3.6.1. Yangın ile Pasif Mücadele

En basit anlamda ısının ve dumanın bir mahalden diğerine geçişi ve yayılımını kısıtlayarak zarar olgusunun boyutunu azaltmayı hedefleyen önlemlerin tümüdür. Yapıların yangın dayanımı, alanların kompartman haline getirilmesi, bina boşluklarının yangın dayanımı olan yalıtım maddeleriyle kapatılması bu mücadele yönteminin en bilinen yöntemleridir.

#### 3.6.2. Yangın ile Aktif Mücadele

Manuel veya otomatik olarak bir aktivite gerektiren yangın mücadele yöntemlerinin tümüdür. Başlıca yangın ile aktif mücadele sistemleri; bina dışında yangın hidrantları, bina içinde yangın dolapları, yangın algılama ve ihbar sistemleri, tahliye yönlendirmeleri, portatif yangın söndürücüler ve otomatik yangın söndürme sistemleri, yangın pompaları ve su deposunun tesis edilmesidir [25].

Aktif mücadele için yönetmelik hidrantların işletme tehlike sınıfına uygun yerleşimi, su depoları ve su dolaplarının yerleşimi, otomatik söndürme sistemlerinin işletmenin yangın yükü göz önüne alınarak tesis edilmesi, portatif yangın

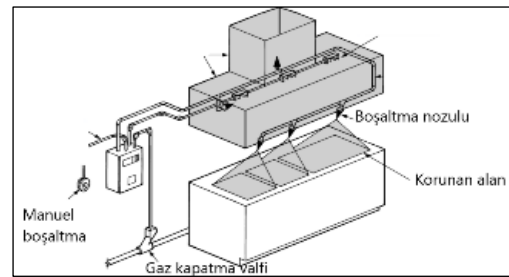
söndürücü yerleşimi gibi konularda yönlendirici maddeler belirlemiştir [11].

Yangın söndürmenin zor veya imkânsız olduğu durumlara veya alanlarda otomatik yangın söndürme sistemleri kullanılmaktadır. Amaç yangının başlangıç safhasında tespit edilmesi ve söndürülmesidir. Bu işlem esnasında çalışanları uyarması ana görevlerinden birisidir.

Bu önlem türü işletmenin kullandığı veya depoladığı maddeler ve işlemlerine uygun olarak sistemin ulusal mevzuatımızda yapılması zorunlu kılınmış olan kısımlarına uygulanmalıdır. Mevzuatta belirtilmemiş, ancak risk değerlendirmesi ve iş sürekliliği planı gereği yapılması kararlaştırılan mahallerde yangın yükü, yanması muhtemel maddenin kendisi dikkate alınarak yangın söndürme sistemi tesis edilmelidir. Bu söndürme sistemleri standartlarda belirtilen hidrostatik hesaplara uygun tesis edilmeli ve devreye alma testleri yine standartlara uygun yapılmalıdır.

Söndürme sistemi, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik' de belirtilen şu yerlerde kurulması zorunlu halde tutulmaktadır:

(1) İşletmenin içinde bir mutfak mevcut ise ve bu mutfak 100' den fazla çalışana hizmet veriyorsa; davlumbazlara otomatik söndürme sistemi ve kullanılan gazın özelliklerine göre gaz algılama, kesme ve uyarı tertibatının kurulması gereklidir [11].



Şekil 29 Mutfak davlumbaz söndürme sistemi [26]

(2) Yağlı tip transformatör kullanılması durumunda algılama ve söndürme sistemi yapılır.

(3) Kolay alevlenici ve parlayıcı maddelerin depolandığı, işlendiği alanların toplam alanı 1000 m<sup>2</sup>' den fazla ise otomatik söndürme sistemi yapılır [11].

Sistem tasarımında; bina tehlike sınıfı, maksimum yangın yükü, uygun yangın söndürme ajanı göz önüne alınarak TS EN 12845, TS EN

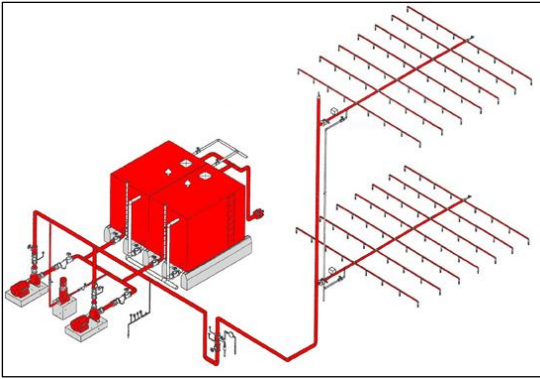
12259, TS ISO 14520, NFPA (13-14-20) standartları ve kodları kullanılarak hesaplamaları ve tasarımı yapılır.

Yangın söndürme sistemlerinde kullanılan tüm ekipmanlar sertifikalı ve onaylanmış ürünler olmalıdır.

Yaygın kullanılan otomatik yangın söndürme sistemleri aşağıda verilmiştir;

a. Sprinkler sistemleri: Islak boru, kuru boru, deluge sistem ve köpüklü sistem olarak ele alınabilir. Bu sistemlerde suyun basınçlandırılması için bir pompa sisteminin kullanılması esastır. Söndürücü madde olarak su veya köpük kullanılır.

Sprinkler sistemleri bina içinde bir dizi sabit boru ve bu borulara bağlı boşalma başlıklarından meydana gelir. Islak boru sistemlerinde yangın sırasında açığa çıkan ısının etkisiyle başlıktaki gliserin esaslı sıvının genleşmesi cam ampülü bina tehlike sınıfı ve yangın yüküne göre farklı (40°C ile 350°C arası) aktivasyon sıcaklıklarında kırmasıyla aktif hale geçer. Diğer sistemlerde ise sistem alev (IR), ısı, duman algılama sistemleri ile tetiklenebilir [27].



Şekil 30 Sprinkler söndürme sistemi [28]

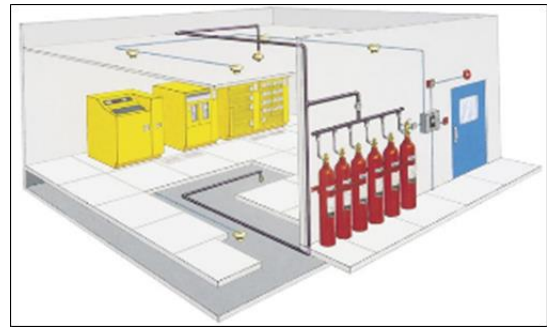
NFPA kayıtlarına göre incelenen 80 binin üzerinde yangın olayında sprinkler sistemlerin %96,2 lik tatminkâr bir yüzdeyle yangınları söndürdüğü görülmüştür. Sprinkler sistemlerinin belli başlı kullanım alanları suyun fazla zarar vermeyeceği otel odaları, mağazalar, ağaç, lastik, tekstil endüstrisi gibi yerlerdir. Köpüklü sistemlerin uygulama alanları genel olarak parlayıcı ve yanıcı sıvıların (petrol depoları, uçak hangarları gibi) tehlike oluşturduğu mahallerdir.

b. Sabit kuru kimyasal söndürme sistemleri: Muhtemel gaz ve sıvı yangınlarının olabileceği ve diğer söndürme sistemlerinin etkili olamadığı

durumlar için tasarlanırlar. Söndürücü akışkan yangın riskine göre değişik kuru kimyevi tozlardır. Sistem kuru kimyevi toz kaynağı ve buna bağlanmış sabit borulardan oluşur. Kuru kimyasal tozlar yüksek basınçta bulunan azot ya da karbondioksit gazı yardımıyla yangın mahalline boşaltılır.

c. FM200 gazlı yangın söndürme sistemleri: Bu sistemlerde söndürücü akışkan FM200 gaz akışkanlarıdır. Binada sabit boru tesisatı ve söndürücü gaz akışkan deposundan oluşmaktadır. Belli başlı uygulama yerleri, kontrol ve bilgisayar odaları, parlayıcı ve yanıcı sıvı depoları, kablo kanalları ve odaları, elektrik ve motor odaları, boyama fırınları gibi yerlerdir.

d. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) yangın söndürme sistemleri: Bu sistemler basınç altında bulunan karbondioksit tüpleri içerirler. Bu sistemler genelde elektrik donanımının yoğun kullanıldığı bölgeler olan, bilgisayar odaları, endüstriyel laboratuvarlar, elektrik kontrol pano odaları, kablo galerileri, güç aktarım odaları, arşivler, endüstriyel fırınlar, jeneratör güç setleri ve trafo odaları gibi yerlerin korunmasında kullanılır. Sistemin aktif duruma geçmesi sırasında mahalde bulunan kapı, pencere ve diğer dışa açılan yerler otomatik olarak ya da kendiliğinden kapanacak şekilde yapılmalıdır. Alanın gaz geçirimsiz olduğu test edilmelidir [27].



Şekil 31 Gazlı söndürme sistemi [29]

Ortamdaki CO<sub>2</sub> hacimsel olarak %5 değerinden fazla olduğunda insanlar için tehlikelidir. Bu nedenle kullanım anında insanların bölgeyi terk etmeleri gerekir. Alanın girişinde uyarıcı işaretlemeler yer almalıdır.

e. NOVEC 1230 gazlı söndürme sistemleri: Novec 1230, karbon, flor ve oksijen içeren bir kimyasal olup (C<sub>6</sub>F<sub>12</sub>O), Montreal protokolü gereği, ozon tabakasına zarar veren Halon gazının yerine geçmiştir. Bu gaz renksiz, kokusuz ve

elektriksel iletkenliği bulunmayan bir temiz söndürücü gazdır. Gerekli tasarım konsantrasyonunda solunabilir ve insan sağlığına herhangi bir zarar vermez. Genelde şu alanlarda uygulanması tercih edilmektedir; bilgisayar merkezleri, telekomünikasyon, elektrik dağıtım odaları, havacılık, askeri havacılık, askeri sistem ve araçlar, ulaşım araçları, tanker gemi, motorlu yatlar.

f. İnert gazlı söndürme sistemleri: Bu söndürme sistemlerinde argon ve nitrojen gazlarını ve bunların karışımları söndürücü olarak kullanılmaktadır. Yangın esnasında hacimdeki oksijen konsantrasyonunu tutuşmanın olmayacağı bir noktaya düşürmek suretiyle yangını durdurma prensibiyle çalışırlar. İnert gazlar atmosferde doğal olarak bulunduğundan atmosfere veya ozon tabakasına bir zararı da yoktur. İletkenliklerinin olmaması da ilave bir avantajdır.

### 3.7. Söndürme Sistemlerinin Depreme Karşı Korunması

Yangından korunmayı sağlayan söndürme sistemlerinin, deprem sarsıntısı nedeniyle zarar görmesinin engellenmesi gerekmektedir. FM Global bu konuda birtakım standartlar geliştirmiştir. Boru tesisatının sert yüzeylerden örneğin zeminden, duvarlardan, platformlardan, ara katlardan veya çatılardan geçerken geçtiği yerdeki serbest hareket edebilirliği göz önüne alarak deliğin çapına pay vererek geniş tutulması gerekir. Arada kalan boşluk ise yangın dayanımı olan esnek macun, mineral dolgu veya kırılğan harç ile doldurulabilir.

Flanş varsa, duvar kenarında boru bitimi varsa veya çıktığı duvarda dirsek varsa en az 50 mm duvar ile boşluk verilmelidir [30].

Askıda bulunan söndürme sistemi yine ‘‘FM Global’’ standartları gereği projelendirilerek tıpkı doğalgaz hattı gibi askılanması sağlanmalıdır.

Söndürme sistemlerine su taşıyan yer altı boru sistemleri ve su tankları işletmenin zarara açık hassas noktalarıdır. 1989 California depreminde şehir su hatlarının 916 noktadan, 1995 Kobe depreminde ise 2000 noktadan kırıldığı tespit edilmiştir [31]. İşletmenin yangın esnasında dışarıdan alabileceği söndürme suyu alma desteğinin pek mümkün olmayacağı şekilde planlama yapılması önemlidir. İşletmenin yangın suyu deposu, ‘‘Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik’’ de belirtildiği üzere tehlike sınıflarına uygun sürede en az 30 dakika, 60 dakika veya 90 dakika besleyecek şekilde

dizayn edilmeli ve yangın rezervi bir başka amaç için kullanımı önlenmelidir. Bir başka önemli konu betondan geçen borulara uygun dilitasyon uygulama gereğidir. Önerilen bir başka tedbir ise portatif yangın suyu depolarının ve portatif yangın pompalarının tesis edilmesidir [31].

### 3.8. Otomatik Yangın Algılama Sistemleri

Otomatik yangın algılama ve alarm sistemleri, yangın oluşumunu erken aşamada, yangının ısı, ışık, duman ürünlerini yorumlayarak gözetim, izleme ve uyarı sağlamak için tasarlanmış elektronik sistemlerdir [32].

Bu sistemlerin temel amacı yangının ilk olduğu an tespit edilebilmesi ve erken müdahale edilebilmesi için bilgiyi ulaştırmaktadır. Bir yangın alarm sistemlerinin temel bileşenleri şu şekildedir;

- Algılayıcılar; ısı dedektörleri, duman dedektörleri, infrared dedektörler, beam (ışın) dedektörleri, eriyen metal detektör gibi tipleri mevcuttur. Bunlar mevcut yangın yüküne, muhtemel yangın tipi gibi parametreler düşünülerek seçilmelidir.
- Uyarıcılar; korna gibi veya engelliler için özel yapılmış çeşitli uyarıcı sistemler donatılarak yangının tüm çalışanlara bilgisinin verilmesini sağlamak temel hedefidir.
- Kontrol paneli; yangın bilgisini tesisin varsa yangın mücadele ekibi, bakım ekibi, güvenlik ekibi gibi yangın ile mücadele etme görevi verilmiş ekiplere bilginin taşınması esas olunmalıdır.

Yangın ihbarının gideceği yangın mücadele ekibinin, vardiyalar halinde işletmede sürekli bulunması, ilgili çalışanların yangın müdahale yöntemleri konusunda pratik ve teorik eğitim almaları sistemin baştan sona bütünsel çalışmasının bir gerekliliğidir.

### 3.9. Elektrik Tesisatının Kurulumu ve Korunması

Deprem ile ekipmanların ağırlıkları ve ölçüsü nedeniyle, doğru sabitleme usulüne uyulmamasının sonucu hareket etmesi, dönmesi sonucu elektrik ve yakıt hatları esnek yapılmadıysa zarar görmektedir. Bu sebeple elektrik hatları başta olmak üzere yatay ve dikey hareketlere uygun esnek özellikte yapılması çok önemlidir [6].

Acil durumlarda faaliyetine devam etmesi beklenen tüm ekipmanların örneğin jeneratörler,

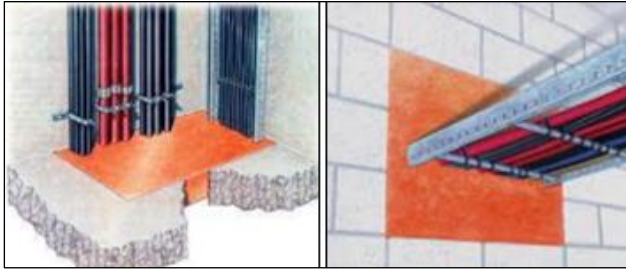
yangın pompaları, bunlara bağlı ekipmanların kablolarının olası bir yangın durumunda elektrik iletimine devam etmesi beklenmektedir.

Yangına karşı güvenli kabloları iki bölümde inceleyebiliriz:

(1) Alev Geciktirici Özellikte Düşük Duman Yoğunluklu Halojenden Arındırılmış Kablolar.

(2) Yangına Dayanıklı Kablolar (Yangın esnasında akım iletmeye devam eden kablolar) [33].

Yangına dayanıklı kablolar yangının yayılmasını azaltan alev geciktirici özellikte, halojenden arındırılmış, düşük duman yoğunluklu, yangına maruz kaldığında herhangi bir zehirleyici gaz üretmeyen, korozif etki yapmayan özelliklerinin yanı sıra yangın esnasında akım iletmeye özelliği göstermektedir [33].

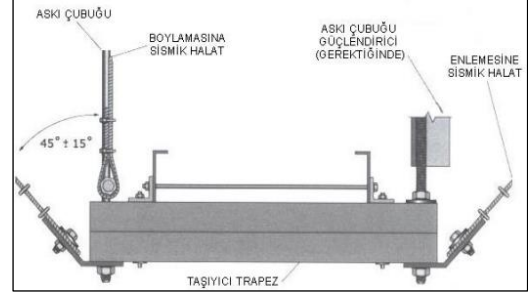


Şekil 32 Dikeyde ve yatayda kablo ve boru geçiş izolasyonu [29]

Yangına dayanımı olan kablolar özellikle yangın anında işlevini sürdürmesi gereken; yangın suyu basınçlandırma sistemlerinde, yangın kaçış merdivenlerinde, pozitif basınçlandırma sistemlerinde, yangın panelleri ve birbiriyle haberleşen tekrar lama panellerinin enerji kabloları, duman kontrol sistemlerinin kablolarında "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" gereği istenmektedir [11].

Kablo demetlerinin binaların duvarlarından yatay veya dikey geçişlerinde boşlukların tümü istenen yangın dayanımını sağlayacak (60, 90, 120 dakika) sertifikalı yangın izolasyon köpükleri, harçları veya yastıklarıyla doldurularak dumanın veya ısının bir noktadan diğerine taşınması engellenmelidir [30].

Elektrik tavaları sismik halatlar veya çelik profiller vasıtasıyla sismik korunması sağlanmalıdır.



Şekil 33 Elektrik tavalarında sismik halatlar ile sismik bağlantı [4]

Elektrik panolarının bulunduğu yere uygun şekilde zemine ve veya duvara sabitlenmesi gereklidir. İş Sürekliliği Planı uyarınca kritik panolar tespit edilerek bunların içine yangın söndürme sistemi ilave edilmesi de yangına karşı koruyucu bir önlem olarak değerlendirilmelidir. Bu söndürme sistemlerinde elektrik panosu içinden geçen ve FM200 gazı ile basınçlandırılmış olan ısıya duyarlı hortum, pano içinde oluşan yangın ile patlayarak FM200 gazının pano içine ve yangın neredeyse tam olarak o noktaya etki etmesini sağlayarak yangının büyümesini engellemektedir.



Şekil 34 Pano içi FM200 söndürme sistemi [27]

## SONUÇLAR

Bu derleme makalesinde, işletmelerde depremin sebep olabileceği yangınlara karşı ne gibi önlemler alınarak korunabileceği anlatılmıştır.

Mevcut yönetmelikler ve standartlar gözetilerek, önleyici ve zarar azaltıcı önlemler şirketin iş sürekliliği planı doğrultusunda uygulanmalıdır. Bu önlemler arasında en temel iki uygulamadan biri deprem sensörlerinin ve bağlı olabileceği enerji sistemlerinin bir senaryo vasıtası ile çalıştırılması ikincisi elektrik hatlarının zarar görmesinin engellenmesi en öncelikli konular olmalıdır. İşletmede yangına sebep olabilecek temel kaynaklar (doğal gaz, parlayıcı sıvı, elektrik hatları) tespit edilmelidir.



Önleyici yaklaşım maliyetleri fazla gibi gözükse de çıkacak zarar olgusunu engelleyebileceği için önceliklendirilmesi düşünülmelidir.

Bir başka önemli konu ise elektrik kesintisine karşı jeneratör kurulması ve yangın pompaları dahil acil durumda çalışması hayati önceliğe sahip ekipmanların bağlanmasıdır. Sismik izolatörlerin uygulanmasının atlanması durumunda ise deprem sırasında jeneratörün hareket etmesi sonucu işlevsiz kalması söz konusu olabilmektedir.

Makalede anlatılan önlemler bir bütün içinde uygulanması esas olup biri diğerinin yerini tutmamaktadır. Ancak bu doğrultuda yapılan hazırlıklar yangınların oluşumunu engelleyecek veya en azından yayılımını ve zarar olgusunu kısıtlayacaktır.

## REFERANLAR

- [1] R.Demirtaş, C.Erkman, Deprem ve Jeoloji, Jeoloji Mühendisleri Odası, 2000.
- [2] C.İşçi, Journal of Yaşar University, 3(9), 959-983, 2008.
- [3] Yılmaz S., Kuyucular A., Şenel Ş., İnel M., Betonarme Prefabrik Yapıların Deprem Dayanımı: Makas Kirişinin Devrilmesi, İMO Teknik Dergi, 4157 -4160, Yazı 274, Kısa Bildiri, 2007.
- [4] Sever O., Elektrik Tesisatlarında Sismik Koruma Uygulamaları, II. Elektrik Tesisatı Ulusal Kongresi Bildirileri, 24-27 Kasım, 2011, İzmir.
- [5] <https://www.afad.gov.tr/depremin-buyuklugu-ve-siddeti-ayni-kavramlar-midir>, 30.08.2019, erişim: 22/02/2023.
- [6] FM Global, Understanding the Hazard: Fire Following Earthquake, <https://www.fmglobal.com/research-and-resources/nathaz-toolkit/~media/999022A3CF1641EF98EC10D4FE573B00.ashx>, erişim: 22/02/2023.
- [7] Komut M., İş Sürekliliği Organizasyonu, İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, No:49. (Ekim 2013). ss.101-116.
- [8] Sanayi iyi uygulama örnekleri.
- [9] Azbil Cooperation, Intelligent Earthquake Sensor, Model Number SES70.

[10] Japan Meteorological Agency, Tables explaining the JMA Seismic Intensity Scale, <https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/inttable.html>, erişim: 11/04/2023.

[11] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, (2021, 20 Kasım). Resmî Gazete Sayı: 31665. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/21.5.200712937.pdf>.

[12] FEMA, Installing Seismic Restraints for Duct and Pipe, FEMA414.

[13] Seismic Considerations for Steel Storage Racks Located in Areas Accessible to the Public, FEMA 460, National Institute of Building Sciences, Washington, D.C., 2005.

[14] İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 25.04.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28628.

[15] T.Töngel, Endüstriyel Raf Sistemi Peryodik Kontrolleri, İş Ekipmanlarının Peryodik Kontrolü ve İş Kazalarının Önlenmesi Paneli, İstanbul, 2018.

[16] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, Basıncılı Gaz Tüplerinin Tehlikeleri Taşınması Ve Depolanması Hakkında El Bröşürü, İTKB-İSG-B2011001.

[17] Özgenç A., Endüstriyel Amaçlı Gaz Yakan Cihazlarda Ürün Güvenliği, Tesisat Dergisi, 192. Sayı, Aralık 2011.

[18] Arısoy A., Mekanik Tesisatın Sismik Korunması, V. Ulusal Tesisat Mühendliği Kongresi ve Sergisi, 3-6 Ekim 2001, İzmir.

[19] Sever O., Mekanik Tesisatlarda Deprem Güvenliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.

[20] NFPA 13 Rules for Earthquake Protection of Sprinkler Systems, International Conference of Protection Against Fire, Bogota Colombia 23 August 2018.

[21] Mahadik V., Sharma A., Hofmann J., Modelling Structure-Anchor-Component Interaction For Nuclear Safety Related Structures Under Seismic Loads – Part 1: Generation Of Experimental Database, 3rd Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology Manchester, United Kingdom - August 10-14, 2015 Division V, 2015.

- [22] Milli Eğitim Bakanlığı, İnşaat Teknolojisi, Alçı Levha ile Bölme Duvar, Ankara 2018.
- [23] Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi: 18.06.2013, Resmî Gazete Sayısı: 28681.
- [24] Dräger Marka, Polytron SE Ex Model Dedektör için ürün bilgilendirme broşürü. Erişim adresi:  
<https://www.draeger.com/Products/Content/polytron-se-ex-pi-9046142-en-master.pdf>.
- [25] Billah M., Islam M., Bin Ali R., Fire Fighting of a Tall Bulding: A Review, World Scientific News, WSN, 17-29 EISSN 2392-2192, June 2018.
- [26] Kuş E., Elektrik Panolarında Yangınlara Karşı Fine Kinney Yöntemi İle Risk Analizi Yapılması, Üsküdar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2019.
- [27] Kılıç M., Yapılarda Yangın Güvenliği ve Söndürme Sistemleri, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, 2003.
- [28] Islam R., Hossain MI., Rahman S., Kabir S., Smart IoT System for Automatic Detection and Protection from Indoor Hazards: An Experimental Study, 022 IEEE 10th Region 10 Humanitarian Technology Conference, 16-18 Eylül 2022, Haydarabad, Hindistan.
- [29] Yangın Güvenlik ve Koruma Sistemleri Dergisi, Nisan 2023, Sayı 238, ISSN 1305-2071, 28-34.
- [30] Moretti A., Barazza F., Dusso A., Yangın Sprinkler Tesisatı İçin Sismik Koruma Sisteminin Kurulum Ve Tasarımına İlişkin El Kitabı, Mayıs 2017.
- [31] Scawthorn C., Water Supply in regard to Fire Following Earthquake, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Peer 2011/08, November 2011.
- [32] Çeltek S.A., Durgun M., Gökrem L., Durgun Y., Nesnelerin İnterneti Tabanlı Yangın Alarm Sistemi Tasarımı ve Uygulaması, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD), Cilt 6, Sayı 3, Sayfa 66-72.
- [33] Günaydın S., Yanmaz Değil, Yangına Karşı Güvenli Kablo, EMO Dergisi, Sayı 447, 24-25, Mayıs 2013.