



8C

GÜDEK

Güvenlik Denetim Kontrol

BÖLÜM:

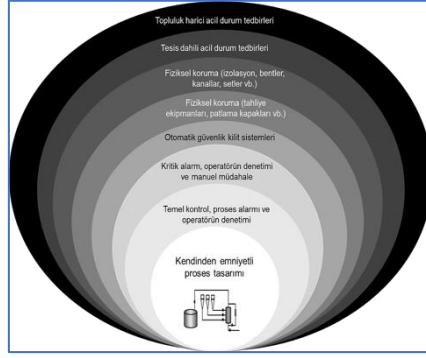
8- RİSK ANALİZ YÖNTEMLERİ

KONU:

8C- LOPA KORUMA ANALİZ KATMANI

İçindekiler

LOPA KORUMA ANALİZ KATMANI.....	3
LOPA Koruma Analizi Katmanı	3
Amaç.....	3
Yöntem	3
Güvenli tasarım Süreçleri	4
LOPA Süreci.....	4
Tesisler çeşitli koruma katmanları,.....	5
LOPA Güvenlik katmanları	5
Alınan önlemler içinde LOPA katmanları	5
LOPA Yaklaşım Adımları.....	8
Olasılık hesaplama örnekleri.....	9
Tek bir rastgele olayın olasılığını hesaplamak.....	9
Birden çok rastgele olayın olasılığını hesaplamak	9



LOPA KORUMA ANALİZ KATMANI (Layer of Protection Analysis)

LOPA Koruma Analizi Katmanı

Koruma Katmanları Analizi (LOPA), kimyasal proses endüstrisinde ve tehlike senaryolarıyla ilişkili risklerin bulunduğu ve kazayı önlemek için konulan koruma katmanlarının nicel ve daha ziyade Nitel değerlendirmelerle yönetilen yönetim tekniğidir.

Amaç

LOPA çalışmaları, HAZOP gibi risk tanımlama ve önlem alma analizi temeline benzer bir çalışma yöntemidir. Bu çalışmanın temel amacı, belirli bir riskin potansiyel sonuçlarına karşı sistemde kurulacak tehlikeyi önleme yöntemlerinin belirlenmesidir.

HAZOP, genel riskleri belirlerken, LOPA bu risklerin şiddetini ve sıklığını daha detaylı değerlendirerek güvenlik önlemlerinin etkinliğini analiz eder. HAZOP ve LOPA birlikte kullanıldığında, tesislerdeki güvenlik düzeyini artırır.

Yöntem

Tespit edilen tehlike ve risklerin önlenmesi için (LOPA) gibi koruma Katmanları kurularak risk analizi temelinde geliştirilen bir çalışmadır. Bu çalışmanın temeli, belirli bir riskin potansiyel sonuçlarına karşı önlemleri belirlemek ve Proses Sistemini analiz etmek ve **nicel** bir yaklaşım ile tehlikeye karşı “koruyucu katmanlar” oluşturarak ile önlem belirlemektedir.

Risklerin ne ölçüde tolere edilebildiğini görebilmek için LOPA önce kurulmuş olan güvenlik önlemlerine değerlendirir. Bunun için.

- ALARP¹ metodu
- Risk Grafiği metodu
- Risk Matris metodu

¹ **ALARP metodu**, Bölüm “1D Makul olan düşüklük” dosyasında açıklanmıştır.

- Hata Ağacı Analizi (**Fault Tree Analysis– FTA**)
- Koruma Katmanları Analizi (**Layers of Protection Analysis– LOPA**)

LOPA, HAZOP Tehlike ve işletilebilirlik veya Proses Tehlike Analizi **PHA** gerçekleştirildikten sonra uygulanır. **LOPA**, geliştirilen bu sistemlerden elde edilen bilgilere dayanır.

Karşı önlemler veya diğer ismiyle “koruyucu katmanlar” etkili olabilmek için alınan güvenlik önlemleri ile riskler azaltılabilmekte, risklerin ne ölçüde tolere edilebildiğini görebilmek için LOPA kullanılabilmektedir. LOPA analizinde koruma katmanı, süreç tasarımı ve bakımıyla ilgili bağımsız bir dizi öge olarak tanımlanmaktadır. Bunları şöyle örneklendirebiliriz:

Güvenli tasarım Süreçleri

- Süreç tasarımı
- BPCS (Basit Proses Kontrol Sistemleri)
- Alarm / operatör eylemi
- Otomatik eylem **SIS** (Güvenlik Enstrümanlı Sistemler) veya ESD (Acil Kapatma)
- Aktif / pasif koruma
- Tesis acil müdahale
- Tesis acil durum prosedürü
- Topluluk acil müdahale
- Diğer

LOPA Süreci

LOPA risk değerlendirmesi için temel adımlar:

- Sonuç tanımlanır,
- Risk tolerans kriterleri tanımlanır,
- İlgili kaza senaryosu tanımlanır,
- Olayı başlatan olay sıklığı belirlenir,
- Risk seviyesi azaltılmamış sonucun ara frekansı tahmin edilir,
- Bağımsız koruma katmanları tanımlanır,
- Her katman sonucu her talep üzerine hata olasılığını tahmin edilir,
- Alınan önlem katmanları sonucu PFD olası risk sıklığı hesaplanır.

Tesisler çeşitli koruma katmanları,

- Basınç Giderme Cihazları
- Parlama Sistemleri
- Yangın Bastırma Sistemleri
- SIS veya ESD (Acil Durdurma Sistemi)
- Otomatik emniyet kilit sistemi
- Temel kontroller, kritik alâmlar
- Acil müdahale
- Güvenli tasarım özellikleri
- Operatör müdahalesi
- Fabrika acil müdahale

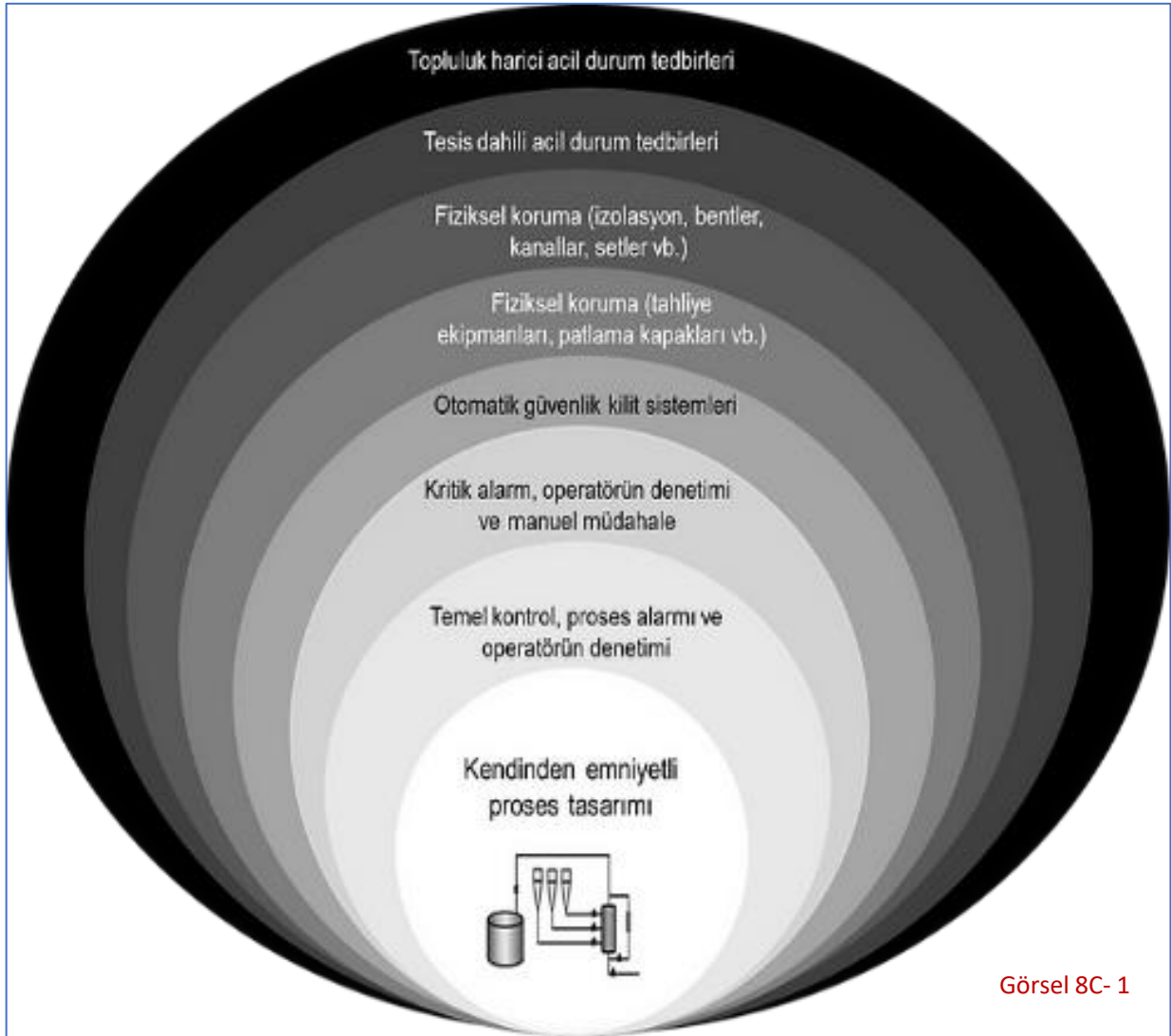
LOPA Güvenlik katmanları

1. Sisteminin belirlenen kriterler içinde çalıştığının gözetimi,
2. Ölçüm ve akış kontrol sistemlerinin bakım tutulması,
3. Kritik alarmda, operatör müdahalesi,
4. Müdahale gecikmesi durumunda sistemin otomatik kilitlenmesi,
5. Basınç artmasında patlama kapaklarının fırlaması,
6. Patlama kapaklarının tehlikesiz bir şekilde fırlaması,
7. Fiziksel korumalar (tehlike izolasyonu, tahliye kanalları ve setler),
8. Tesis dahili AD önlem prosedür ve talimatları,
9. Çevre için AD uyarı ve haber verme sisteminin hazırlanması.

Alınan önlemler içinde LOPA katmanları

LOPA 'nın en önemli görevi, potansiyel tehlikeli olayın sıklığını ve sonuçlarını anlamak ve katmanlara göre gereken önlemlerin alınmasını sağlamaktır.

8- RİSK ANALİZ YÖNTEMLERİ
8C- LOPA KORUMA ANALİZİ KATMANI



Görsel 8C- 1

8C- LOPA KORUMA ANALİZ KATMANI

Lopa önlemler katmanları

Resi 1

1. Kendinden emniyetli proses tasarımı,
2. Temel kontrol proses alarmı ve operatörün denetimi,
3. Kritik alarm, operatörün denetimi ve manuel müdahale,
4. Otomatik güvenlik kilit sistemleri,
5. Fiziksel koruma (İzolasyon, bentler, kanallar, setler vs),
6. Tesis dahili acil durum tedbirleri
7. Topluluk harici acil durum tedbirleri

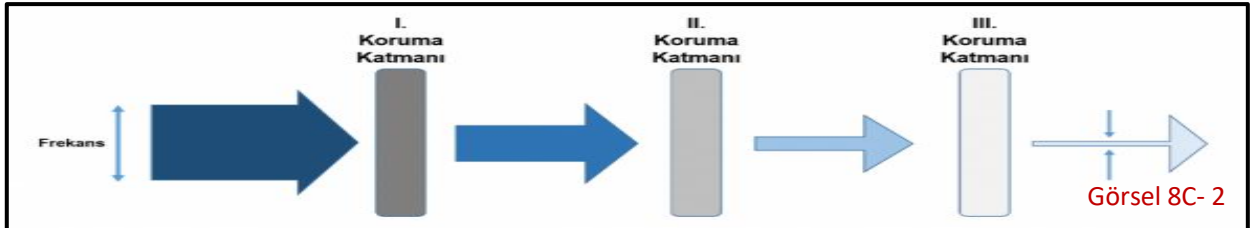
8- RİSK ANALİZ YÖNTEMLERİ

8C- LOPA KORUMA ANALİZİ KATMANI

Yukarıda görüldüğü gibi otomatik çalışan bir sistemde yeni tehlikeler oluşmaması için alınması gereken manuel önlemler yazılması gereken talimatlarla ile güvenlik katmanları oluşturulur, (**Görsel 8C- 1**)

1. Sisteminin belirlenen kriterler içinde çalıştığının operatör gözetimi ile sağlanması,
2. Ölçüm ve akış kontrol sistemlerinin bakım kontrol kayıtlarının tutulması,
3. Kritik alarm, operatör denetimi ve müdahalesi,
4. Müdahale gecikmesi durumunda sistemin otomatik kilitlenmesi,
5. Sisteminin belirlenen kriterler içinde çalıştığının operatör gözetimi ile sağlanması,
6. Basınç artması durumunda sistem basıncını düşürme patlama kapakları,
7. Patlama kapaklarının patladığında tehlike yaratmaması için önlem alınması,
8. Fiziksel korumalar (tehlike izolasyonu, tahliye kanalları ve setler) yapılması,
9. Tesis dahili Acil Durum için önlemleri için prosedür ve talimatlar yazılmış olması,
10. Çevre ve toplum için acil durumu uyarı ve haber verme sisteminin hazırlanması.

LOPA yaklaşımında belirlenen senaryolar için **“Güvenli, ne kadar güvenli?”** sorusuna devamlı cevap aranır. Senaryonun gerçekleşebilmesi için temel proses kontrol sistemi, alarm ve operatör müdahalesi, basınç tahliye sistemleri, yangın ve gaz algılama sistemleri gibi önleyici ve sınırlandırıcı bariyerlerin yeterliliği analiz edilir.



Her alınan önlemler ile risk boyutu ve sayısı azalır bu durum sonrası ALARP yöntemi ile son bulur.

LOPA yaklaşımında analiz edilecek her senaryo ülke mevzuatı veya kuruluş yönetim sistemlerinde belirlenen hedef değerlere göre gerçekleştirilen bir fark analizi ile tamamlanır.

ALARP – (As Low As Reasonably Practicable)

Çok büyük kaza olma ihtimaline karşı işletmede, **kantitatif** risk değerlendirmesinde “ihtimal (olasılık) hesaplamaları” sonucu kaza meydana gelme frekansını 1×10^{-4} /yıl veya daha

8- RISK ANALİZ YÖNTEMLERİ
8C- LOPA KORUMA ANALİZİ KATMANI

küçük seviyeye göre tehlike kontrol ekipmanlarının hassasiyet sınıfı seçimi yapılması gerekir. LOPA katman seviyeleri verilmiştir. (Görsel 8- 3)

Güvenlik Bütünlük Seviyesi	Talep Anında Hata Yapma İhtimali (PFD_{avg}) Düşük Talep Modu	Risk İndirgeme Faktörü
4	$10^{-4} > PFD_{avg} \geq 10^{-5}$	$10000 \leq RRF < 100000$
3	$10^{-3} > PFD_{avg} \geq 10^{-4}$	$1000 \leq RRF < 10000$
2	$10^{-2} > PFD_{avg} \geq 10^{-3}$	$100 \leq RRF < 1000$
1	$10^{-1} > PFD_{avg} \geq 10^{-2}$	$10 \leq RRF < 100$

Görsel 8C- 3

Kaza sonucu hasar boyutuna göre, tahmini kaza boyutu büyüdükçe Güvenlik Bütünlük seviyesini “1- den 4” e yükseltmek gerekir. **Olasılık hesaplama** örneği aşağıda verilmiştir.

LOPA Yaklaşım Adımları

- Başlatıcı Olay– (Initiating Event):** Proseste normal çalışmayı bozup istenmeyen sonuca götüren olay tespiti.
- Bariyer– (Safe Guard):** Başlatıcı olay ve sonrasında yaşanacak olayları engelleyecek, sonuçlarını hafifletecek sistemlerin durumunun kontrolünün yapılması.
- BPCS- (Basis Control Sistem):** Temel Proses Kontrol Sistemi gerek otomatik gerekse operatör müdahalesinden gelen giriş sinyallerine yanıt verme ve çıkış sinyallerini olumlu oluşturma durumu istenen şekilde çalışmasının kontrolünün yapılması.
- Pasif Bariyer katmanı:** Sütre, Bariyer tahliye kanalı gibi önlemler yapılması,
- Aktif Bariyer katmanı:** Basınç düşürücü valfler, tahliye supabı, patlama kapağı gibi önlemler alınması.
- Bağımsız Koruma Katmanı:** Prosesin istenmeyen sonuca ilerlemesini önleyebilen cihaz, sistem kurma veya eylem planlama.
- Sepera sistem katmanı:** Sapmayı başlatıcı olayın bağımsız koruma katmanının performansı ile diğer koruma katmanlarının hatalarından etkilenmesini önleyen sistem.

HAZOP, FTA, papyon modeli risk analizi gibi yöntemlerle **kalitatif** olarak bulunan verileri, FMEA, Fine Kinney, gibi yöntemler ile **kantitatif** değerler ile ölçme ve koruma ekipmanları seçimi yapılarak her tehlike yaratacak risk boyutları belirlenip, daha sonra da LOPA güvenlik katmanları için 7 madde halinde belirtilen güvenlik katmanları gözden geçirilerek alınan önlemler ile tehlikeli ortamda prosesin güvenli bir şekilde işletimi sağlanır.

Olasılık hesaplama örnekleri

Olasılık, bir olayın olabirliğinini olası sonuçlarının sayısına oranıdır. Olasılık hesabı zor gibi gözükebilir, ancak basit formülünü öğrendikten sonra kolayca yapabilirsin.

Tek bir rastgele olayın olasılığını hesaplamak

Olayların sayısını olası sonuçların sayısına bölerek bulacağımız sayı olayın olma olasılığını verecektir.

Olayı ve sonuçların tanımlanması

1. Olasılık, bir veya daha fazla olayın olma olasılığının olası sonuç sayısına bölünmesidir. Zarin "üç gelmesi" olasılığı $1/6=0,166666\approx 16,6\%$ dır.
2. Bir kavanozda 4 mavi, 5 kırmızı ve 11 beyaz toplam 20 misket var. Rastgele seçilen bir Misketlerin kırmızı olma olasılığı nedir? 5 kırmızı olduğuna göre $5/20= 25\%$ tir.
3. *Haftanın günlerinden rastgele seçerken, bugünün hafta sonuna denk gelme olasılığı nedir?* Olayların sayısı ikidir (haftanın iki günü hafta sonuna denk gelir ve haftada 7 gün var) Olasılık $2/7 = 28,5\%$ veya $0,285$ tir.

Birden çok rastgele olayın olasılığını hesaplamak

Birden çok olayın olasılığını hesaplamak için ayrı olasılıklar şeklinde düşünülerek hesaplanıp birbirleri ile çarpılarak bulunur. örnekler,

1. Bir iskambil destesinden rastgele iki kart çekilecek olursa, bu iki kartın da sinek olma ihtimali nedir? (Her iskambil destesinde 52 kart ve 13 sinek vardır) İlk kartın sinek olma ihtimali $13/52= 25\%$ tir. İkinci ihtimalde kartlar $(13-1) / (52-1)$ dir. Birden çok rastgele hesabı $12/51= 23,52\%$ dir. Burada iki kesir çarpımı sonucu

8- RİSK ANALİZ YÖNTEMLERİ
8C- LOPA KORUMA ANALİZİ KATMANI

verir, Kesirlerin çarpımı $(13/52) \times (12/51) = 156/2652 = 0,055 \gg \gg \%5,5$ Burada ikincide bir sinek çektikten sonra geri konulmadığı taktirde üçüncü ihtimal daha da düşecektir.

2. *Bir kavanozda 4 mavi, 5 kırmızı ve 11 beyaz olmak üzere 20 misket misket vardır. Eğer kavanozdan üç rastgele misket alınırsa, ilk misketin kırmızı, ikinci misketin mavi ve üçüncüsünün beyaz olma ihtimali nedir?*
- İlk misketin kırmızı olma ihtimali $5/20$ veya $1/4$ 'tür.
 - İkinci misketin mavi olma olasılığı $4/19$ 'dur (çünkü bir misket eksilmiştir) ancak *mavi* misket sayısı aynıdır.
 - Üçüncü misketin beyaz olma olasılığı $11/18$ 'dir, (çünkü zaten iki misket alınmıştı)
 - Her olayın olasılığı, bir diğeriyle çarpılarak bulunur. Böylece, peşi sıra gerçekleşen olayların olasılığı bulunur. Bunun için işlem şu şekilde yapılır.
- a. **Örnek 1:** *Bir zarda peş peşe beş gelme olasılığı $1/6$ 'dır.*
- Bu da $1/6 \times 1/6 = 1/36$ veya $0,027 \gg \gg \%2,7$ yapar.
- b. **Örnek 2:** *Bir iskambil destesinden rastgele iki kart çekilecek olursa, bu iki kartın da sinek olma ihtimali nedir?*
- İlk olayın olma olasılığı $13/52$ 'dir. İkinci olayın olma olasılığı $12/51$ 'dir.
 - Olasılık ise $13/52 \times 12/51 = 12/204$ veya $1/17$ veya $\%5,8$ bulunur.
- c. **Örnek 3:** *Bir kavanozda 4 mavi, 5 kırmızı ve 11 beyaz misket vardır. Eğer kavanozdan üç rastgele misket alınırsa, ilk misketin kırmızı, ikinci misketin mavi ve üçüncüsünün beyaz olma ihtimali nedir?*
- İlk olayın olasılığı $5/20$ 'dir. İkinci olayın olasılığı $4/19$ 'dur.
 - Üçüncü olayın olasılığı $11/18$ 'dir. Olasılık ise $5/20 \times 4/19 \times 11/18 = 44/1368$ veya $\%3,2$ bulunur.