



NÜKLEER TESİSLERDE YANGIN GÜVENLİĞİ VE SİMÜLASYONLARI

Fire Safety and Simulations In Nuclear Installations

İlker İBİK

ÖZET

Binalarda yangın esnasında güvenliği sağlamak için geliştiren eylem planları, genellikle kullanıcıların yangına maruz kalan binadan ne kadar hızlı tasfiye edildikleri, itfaiyenin ne kadar zamanda yangını kontrol altına alabildiği/söndürdüğü ve yangının çevre binalara sirayet edip etmediği gibi bir grup kriteri temel alır. Nükleer tesislerde bu tarz kriterler genellikle panik, tali hasarlar ve kazalara sebebiyet verir, ki sonuçta oluşacak kayıp, çoğu durumda yangın olayının kendisinin yaratacağından çok daha fazla olabilmektedir. Bu yüzden yangınla mücadele stratejisinin tamamen farklı olması gerekmektedir; yangın esnasında sürekli iletişimde kalarak kullanıcıları mümkün olduğunca görev yerlerinde koruyabilmek, yapısal güvenliği sağlayarak yapının kısmen veya tamamen çökmesini engellemek, duman ve ısı yayılımını yangın durumu sona erene kadar sürekli kontrol altında tutabilmek ve belki de en önemlisi teknolojik risk analizi ile yangının yol açabileceği nükleer bir sızıntıyı engelleyebilmek gibi...

Anahtar Kelimeler: Yangın güvenliği, nükleer tesisler, yangın tehlike analizi, hasar görülebilirlik, teknolojik risk analizi, yapısal yangın davranışı, çökme modu.

ABSTRACT

Emergency plans developed in order to enable and maintain safety during fire generally relies on concepts such as how fast the occupants egress, in what time period the responders suppress and control the fire development and how to prevent the fire spread to surrounding buildings. Consequences of such an approach would be panic, accidents and collateral damages in nuclear power plants and installations, where the resulting overall damage would in many occasions be extremely higher than what could have been generated by the fire event itself. Thus the fire prevention strategy should be completely different than a standard situation; flawless communication to keep the users safe in their locations of duty as long as possible, preserving the structural safety of the installation and prevent nuclear collapse partially and completely, continuous control of smoke and heat development until the fire event is over and finally yet crucially technological risk and vulnerability analysis to prevent nuclear leak...

Key Words: Fire safety, nuclear installations; fire hazard analysis, vulnerability, technological risk analysis, structural fire behaviour, collapse mode.

1. GİRİŞ

Yangın, tesisin kontrol kaybına, dolayısıyla da yangın atıklarıyla beraber radyoaktif parçacıkların da yayılmasına sebep olabileceği için, tüm nükleer faaliyetlerde en yüksek riskli temel tehlike unsurudur. Nükleer tesislerde yangına güvenli tasarım metodları, özellikle son yıllardaki yangın güvenlik mühendisliğinde kaydedilen ve standartlaşan gelişmelere paralel olarak (bkz. ISO 23932 [1] yangın güvenlik metodolojisi standardı), geliştirilmekte ve temelde mevzuat şartlarının yerine getirilmesi yaklaşımından performans temelli tasarım yaklaşımına evrimleşmektedir.

İlave olarak, Fukushima felaketi [2][3] ve sonucunda elde edilen bilgiler ışığında, deprem sonrası yangın durumu gibi güvenlik tehlikesi arzeden durum kombinasyonlarının da göz önüne alınarak yangın güvenlik stratejisinin geliştirilmesi ihtiyacı, nükleer tesis tasarımında geçmişte ihmal edilmiş olan yangın güvenlik mühendisliği uygulamalarını artık elzem kılmıştır.

Bu makale, yazarın ve bağlı olduğu uluslar arası yangın güvenlik mühendisliği kurumunun, uluslararası nükleer tesis projelerinde günümüze değin edindiği yoğun deneyimin bir sonucu olarak, teknolojik risk ve hasar görülebilirlik kavramları üzerine gelişimine katkıda bulunduğu yangın güvenlik analizi metotlarını irdelemektedir.

2. EPRESSI METODU: GERÇEKÇİ YANGIN SENARYOLARINDA YANGIN BÖLMELERİNİN PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Yangın bölmelerinin nükleer tesis yangın güvenliğine etkisi önemli seviyededir, bu nedenle bölümlendirmenin yeterliliği ve uygunluğu yangın risk analizi temel alınarak doğrulanmalıdır [3].

Yangın durumlarında, özellikle de nükleer enerji santralleri gibi çok yüksek riskli endüstriyel tesislerde, yangın ve duman kapıları, kontrol ve kumanda kabloları ve güç kaynaklarının yangından korunması gereklidir. Geleneksel nükleer tesis yerleşimi, iyi yalıtımlı ve mekanik havalandırmaya bağlı fazla sayıda ancak küçük boyutlu bölmelerden teşkil edilmektedir. Bu yerleşim ise, mevzuatın referans ettiği standart yangın eğrilerinden (yangın olarak ISO 834-1 eğrisi [2][5]) çok farklı bir gerçekçi yangın davranışına sebep olur. Ayrıca, özellikle veri ve güç kabloları gibi tesisat ve ekipmanın yangına maruz kaldıktan sonra da süresiz olarak fonksiyonunu devam etmesi güvence altına alınmak zorundadır. Sonuç itibarıyla, bahsedilen tesisat, ekipman ve yapı elemanlarının yeterlilik testlerinde kullanılan yangın dayanım test eğrilerinden çok daha uzun süreli, ancak daha düşük yoğunlukta gerçekçi yangın koşullarına maruz kalacağı görülmektedir [6][7][8].

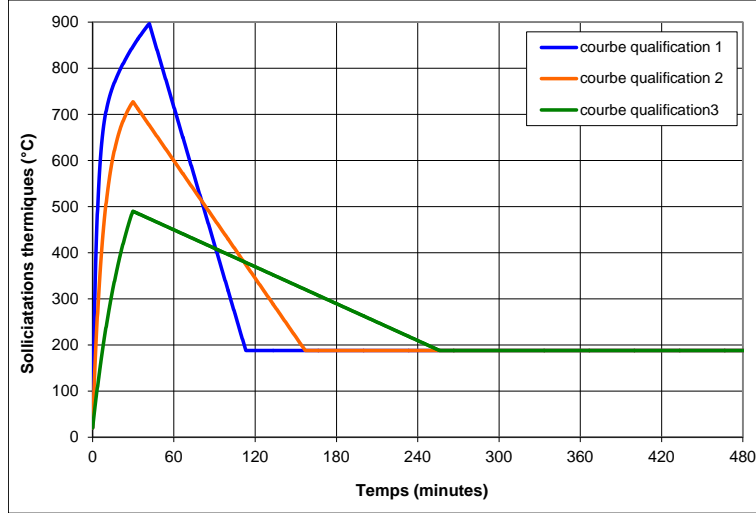
Fransız ve Hollanda menşeli ortak Avrupa kamu iktisadi teşekkülü olan Efectis, Fransız NPP işletmecisi EDF ile birlikte, yangın kesicileri ve bölmelerinde kullanılan yangına dayanıklı ürünlerin gerçekçi yangın senaryosuna göre uygunluklarının doğrulanması için EPRESSI metodunu geliştirmiştir [9][10] ve metot Fransız nükleer tesislerinde kullanılan geniş yelpazede yangın güvenlik ürünü için uygulanarak yeterliliği ve hassasiyeti doğrulanmıştır.

EPRESSI metodu, ürünün standart (prEN 1366-11) yangın test yöntemi ile elde ettiği farklı sonuçların ve ısı iletkenlik değerlerinin karşılaştırılması ve 8 saate kadar fonksiyonunu yerine getirme performansının doğrulanması üzerine kurgulanmıştır.

Kullanılan ısı model, ısı ile meydana gelen kimyasal değişiklikleri hesaba katmamakta, ancak test esnasında değişen ısının fonksiyonu olan genel yalıtım özelliklerini ve bu özelliklerde gerçekleşen tüm değişimleri dikkate almaktadır. Uygulanan metot adımları şunlardır:

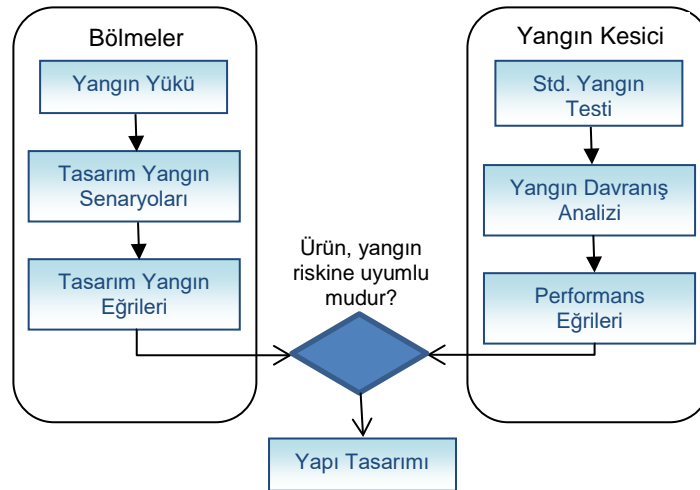
- İlk adım: İncelenen yangına dayanıklı ürün ailesine uygulanan farklı yangın testlerinden elde edilen sonuçların analiz edilmesi.
- İkinci adım: Gerçekleştirilen testlerle uyumlu ısı karakteristiklerinin belirlenmesi ve test ısılarıyla karşılaştırılması.
- Üçüncü adım: 8 saate kadar ancak daha düşük yoğunluklu yangına maruz kalacak ürün/sistem için öngörülebilir test eğrisinin hesaplanması. Bu adım, ilk iki adımda ilgili ürün ailesi için oluşturulmuş test veritabanından elde edilen ısı karakteristik modeline dayanmaktadır.
- Dördüncü adım: Oluşturulan yeni test eğrisi ve ısı modelin testler ile doğrulanması.
- Beşinci adım: Elde edilen sonuçlarla hesaplamaların hassasiyet analizinin ve model güvenilirliğinin doğrulanması.

Sonuç olarak EPRESSI metodu ile; yangına dayanıklı ürün veya sistemin dahil olduğu ürün ailesinin özelliklerini gösterdiği durumlarda, ürün ve ilgili ürün ailesine uygulanan test ve ölçüm sonuçları kullanılarak, nükleer tesislerde görüldüğü gibi standart test şartlarından farklı gerçek yangın senaryoları ortaya çıktığında, hesaplama ve modelleme ile öngörülebilir yangın davranışı ve termal özelliklere ulaşılabilmektedir.



Şekil 1: Ürün veritabanı için kullanılan ısı-zaman eğrileri örneği.
X-ekseni: Zaman (dakika). Y-ekseni: Sıcaklık (°C)

Sonrasında da elde edilen yangın davranışı performans eğrileri, tasarım yangın eğrileri ile karşılaştırılarak, ilgili ürünün tasarlanan oda/hacim için yangın direncinin uygun olup olmadığına karar verilir. Bu metot, şimdiye kadar EN (Avrupa Normu) standart yangın eğrileri ile uygulanmış olsa da, tasarım yangın eğrisinin belirli olduğu her durum ve her standart için uygulaması yapılabilir.



Şekil 2: Nükleer tesislerde yangın kesici malzeme ve sistemlerin, bölmelerin beklenen yangın risklerine uyumluluk durumunu belirleyen EPRESSI metodolojisi

3. YANGIN MODELLEMELERİ: YANGIN RİSK ANALİZİ, ISI VE DUMAN ATIM MODELLERİ, YANGIN YAYILIM MODELLERİ, YAPISAL DAVRANIŞ MODELLERİ VB. YANGIN GÜVENLİK MÜHENDİSLİĞİ MODELLERİNİN UYGULANDIĞI İKİ ÖZEL NÜKLEER PROJE ÖRNEĞİ

3.1. Çernobil Kemerli

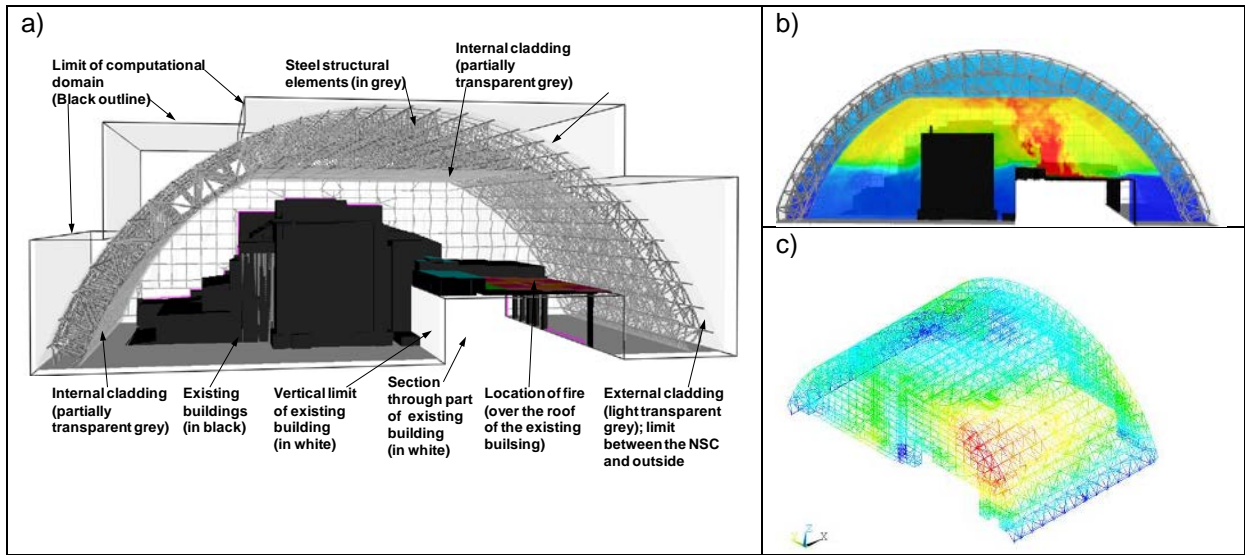
Chernobyl Nükleer Enerji Santrali'nin korunması için inşa edilecek koruma kemerinin yangın dayanımını belirlemek amacıyla yangın güvenlik mühendisliği çalışmaları yürütülmüştür.

Proje, Chernobyl Nükleer Enerji Santrali ünite 4'ü örtecek bir çelik kemer yapılmasını içermektedir. Koruma kemerli projesi, ömrü 200 senenin üzerinde olacak şekilde çalışacak, tesisin demontajı ve sökümü esnasında radyoaktif parçacıkları içeride tutacak ve atmosfer etkilerine karşı üniteyi koruyacak bir yapı oluşturmak üzere geliştirilmiştir.

2010 yılında, mevcut bina (Türbin Holü ve Havadan Arındırma Tesisi) üzerindeki çatının üstünde bulunan bitümlü kaplamanın yanmasıyla oluşacak gerçek yangın senaryosu durumu için bir modelleme çalışması yapılarak, NSC çelik kemer yapısının yangın esnasındaki güvenilirliğini kontrol edilmiştir.

Proje için EFECTIS ve IETP (Ukrayna Milli Bilim Akademisi Termofizik Mühendisliği Enstitüsü) arasında bir benchmark çalışması oluşturularak, yangın yayılımı ve ısı yükü hesaplama metodolojileri ve yazılımı ortaklaşa analiz edilmiş ve her iki mühendislik çalışmasının da çok yakın ve ortak sonuçlara ulaşan sonuçları olduğu görülmüştür.

Aynı yaklaşım, mekanik yük ve yapısal davranış hesaplamaları için başarıyla ilgili Ukrayna enstitüsü URDISC ile ortaklaşa uygulanmıştır. Tüm çalışma detayı ve sonuçları Ukrayna otoriteleri (özel olarak yetkili kurum olan Devlet Yangın Güvenlik Departmanı) tarafından onaylanmış ve Ukrayna'lı uzmanlarla paylaşılmıştır.



Şekil 5: Chernobyl NPP ünite 4 Nükleer Güvenlik Koruma Kemerli çelik yapısı yangın güvenlik davranışı modellemesi – yapı yüksekliği 100 m., genişliği 200 m. ve uzunluğu 800 m.'dir.
(a) Konfigürasyon – (b) Akışkan sıcaklıkları – (c) Yangın yükü altında yapı deplasmanı

3.2. CIGEO Projesi

ANDRA, Fransa Radyoaktif Atık Yönetimi Ajansı'dır ve temel görevlerinden biri de tüketilmiş radyoaktif yakıtların, yüksek seviye (HL) ve orta seviye uzun ömürlü (IL-LL) radyoaktif atıkların derin jeolojik atık depolaması projesi olan CIGEO projesinin tanımlanması ve yürütülmesidir. ANDRA çalışmalarının amacı, uzun vadeli operasyonel güvenliğin ve depolama tersinirliğinin sağlanabilmesidir.

2012 yılında, proje endüstriyel tasarım aşamasına girmiştir. CIGEO için operasyonel alanlarda ve inşaat sahasında hem nükleer güvenlik ve hem de çalışanların ve müdahale ekiplerinin güvenliğini kapsamak üzere yangın güvenliği temel sorunlardan bazılarını teşkil etmektedir.

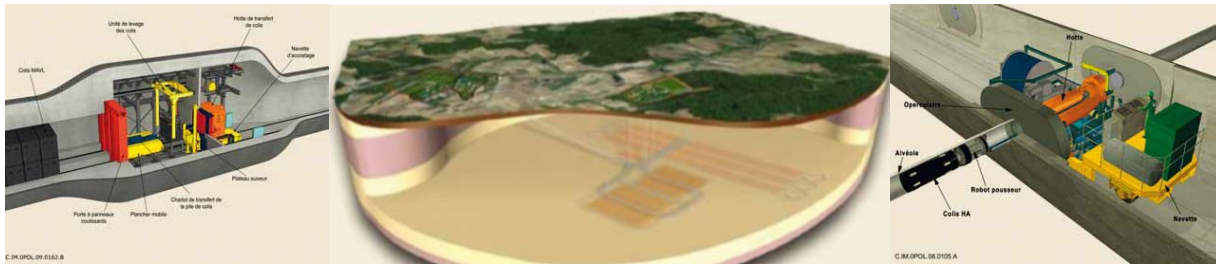
2012'deki proje hazırlık safhasında, tasarımın bütünsel mimari yapısı, operasyonel yaklaşımlar, ekipman ve şantiye yönetimi, inşaat süre ve bütçesi belirlenmiş bulunmaktaydı. Yangın riskleri taşıyan konularda ise, mimari ve elektromekanik proje çalışmaları temel ihtiyaçları belirlemiş, yangın risklerini kontrol altında tutabilmek ve bölümlendirme ve ısı/duman boşaltımı ve havalandırma için metotlar geliştirilebilmiştir.

2014 yılında 4 yıllık bir projeye, tasarımın yangın risk değerlendirmesinin kontrol edilip doğrulanarak son haline getirilmesini sağlama ve onaylama süreci başlamıştır. Onay süreci sonrasında 2019-2020 yılları arasında inşaat süreci başlayacak ve 2025 içerisinde Cigéo Andra tesisi devreye alınacaktır.

Efectis'in bu projeye katkısı, tünellerin, madenlerin ve nükleer tesislerin de yangın davranışlarını dikkate almak ve çözümlenmek üzere; yangın risk analizi, yangın esnasında duman atımı ve havalandırma, CFD (hesaplamalı akışkanlar mekaniği) ve FEM (sonlu elemanlar modellemesi) yazılımları kullanılarak yangın gelişim modellemesi, yapıların yapısal davranış modelleri ve çökme modları, aktif yangın güvenlik sistemlerinin çalışma performans modellemeleri gibi çok detaylı ve kapsamlı bir yangın güvenlik mühendisliği uygulamasıdır.

Modellemeler haricinde, nükleer atık beton koruma yapılarının yangın esnasında etkinliğini belirlemek üzere laboratuvarda gerçekleştirilecek tam boyutlu yangın dayanım testleri de geliştirilmiş ve sonrasında da uygulanmıştır.

Proje çalışması devam etmekte olup, çalışma esnasında ve sonucunda tasarım gerçek yangın senaryolarına göre yangın riskleri güncellenerek tasarım revizyonları gerçekleştirilmektedir.



Şekil 6: CIGEO Radyoaktif atık depolama alanının yangın risk analizi ve yangın güvenlik tasarımı örnekleri

SONUÇ

Yangın güvenlik mühendisliği, özellikle nükleer tesisler gibi mevzuat şartlarını uygulamanın tek başına kafi gelmediği yüksek riskli ve kompleks yapılarda, performans temelli yaklaşım alternatifi oluşturarak, proje sahibi, işletmeci, tasarımcı, müteahhit ve malzeme/sistem üreticileri için, günümüz gelişmiş yangın güvenlik test metotları ve modelleme opsiyonları sayesinde hem daha güvenli, hem de sürekliliği yönetilebilir tasarımlar ve yapılar ortaya çıkmasını sağlamaktadır.



Ancak, yangın güvenlik mühendisliği uygulamalarının da temel bir dezavantajı bulunmaktadır; komplekslik ve uygulama zorluğu.

Bu nedenle, yangın gibi kamu güvenliği ve toplum sağlığını ilgilendiren temel bir risk kategorisi için yapılacak hesap, modelleme, analiz, test ve doğrulama/belgelendirme çalışmalarının mutlaka konusunda ehil, yetkin ve akredite üçüncü taraf örgütlerince gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ISO 23932: 2009 - Fire safety engineering -- General principles
- [2] The Fukushima-Daiichi nuclear power plant accident, UNSCEAR's assessment of levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami, 2 April 2014
- [3] The official report of The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission. Executive summary - The National Diet of Japan, http://www.nirs.org/fukushima/naaic_report.pdf
- [4] ISO 834-1: 1975 - General principles
- [5] AIEA NGS1.7 §3.20
- [6] EN 1363-1 :2005 - General principles
- [7] NFSC4: The Effect of Fire in the Office Buildings at Williams Street Melbourne, Thomas and Bennets, BHP Research, Melbourne Laboratories, Australia, June/July 1991
- [8] NFSC40: Natural Fires in Large Scale Compartments, BST, FRS, B.R. Kirby
- [9] CHRISTIFIRE – Phase 1, Horizontal trays – NUREG/CR 7010 vol 1, July 2012.
- [10] EDF SEPTEN – Note d'étude : Principe de la méthode EPRESSI

ÖZGEÇMİŞ

İlker İBİK

İlker İBİK 12.07.1977 tarihinde İstanbul'da doğdu. 1995 yılında Kadıköy Anadolu Lisesi'den, 1999 yılında ise İstanbul Teknik Üniversitesi Uçak Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2003 yılı itibariyle ERA Yönetim Test ve Belgelendirme Hizmetleri Ltd. Şti.'nde kurucu ortak ve Genel Koordinatör olarak firma teknik ve ticari işletmesini yürüttü. 2008 yılında, Yapı Malzemeleri Yangına Karşı Tepki Testleri (EN 13501-1) konusunda faaliyet gösteren Türkiye'nin ilk laboratuvarı, ERA LABORATUVARLARI A.Ş.'nin, 2009-2011 yılları arasında ise Türkiye'nin ilk tam kapsamlı ve akredite yangına tepki ve yangın dayanım laboratuvarı, yangın güvenlik mühendisliği merkezi ve akredite uluslararası third-party muayene ve belgelendirme örgütü EFECTİS ERA AVRASYA Test ve Belgelendirme A.Ş.'nin fizibilite çalışmaları, iş planlama, yatırım / proje planlama çalışmalarını gerçekleştirdi. Nisan 2011'den itibaren aynı şirkette Yönetim Kurulu Başkanı olarak görev yapmaktadır.

İBİK ayrıca Efectis Holding SAS (Fransa) İcra Kurulu Üyesi, Türkiye İMSAD – İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği Yapısal Yangın Güvenliği Çalışma Grubu Başkanı, TUCSA – Türk Yapısal Çelik Derneği TK3 – Yangın Teknik Komitesi Başkanıdır.