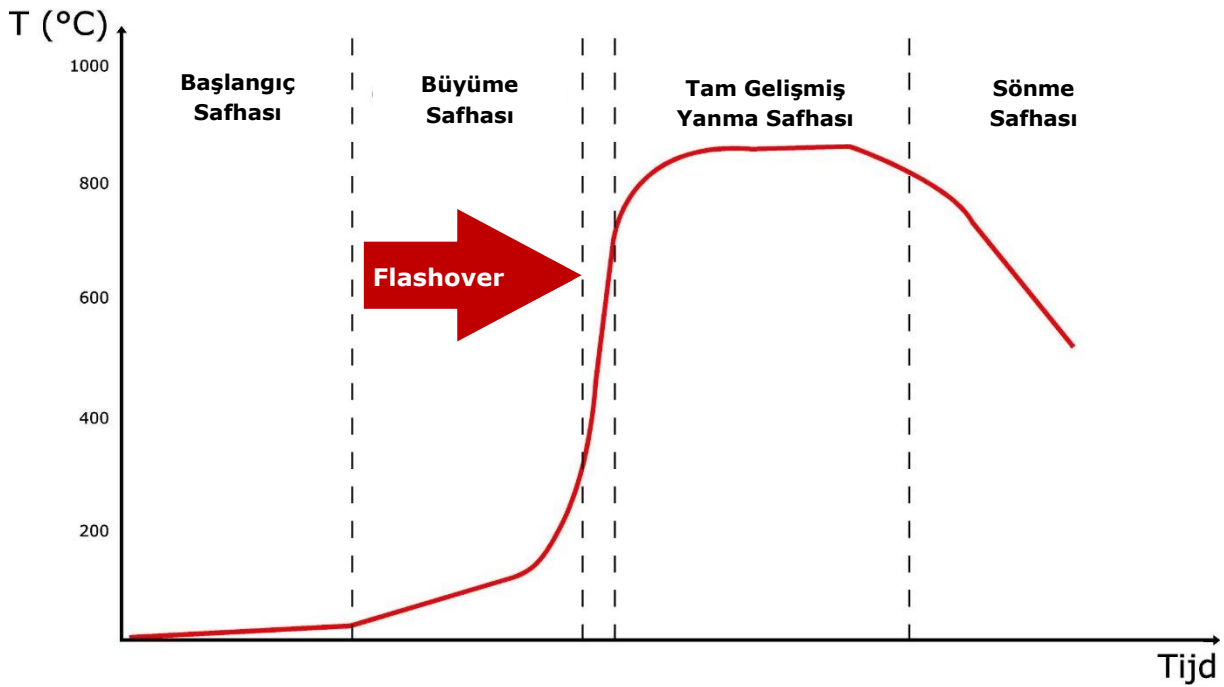


Yangın Gelişim Eğrisine Yeniden Bakış

1 Giriş

Her itfaiyeci, temel itfaiyecilik eğitiminde öğretilen yangın gelişimi eğrisini bilir. Geçmişte sadece bir yangın gelişimi eğrisi vardı. Artık iki tane var. Bir tanesi eski eğridir ve "hava almış yangın" ifadesiyle tanımlanır (bkz. Şekil 1). Bu makalede, işte bu eğri tartışılacaktır. Söz konusu eğri, aşağıdaki şartlara sahip bir odada gelişen yangını temsil etmektedir:

- Odanın içerisinde doğru konumda ve yeterli miktarda yangın yükü vardır.
- Yeterli havalandırma vardır.



Şekil 1 Hava alan yangın büyüme eğrisi (Resim: Karel Lambert)

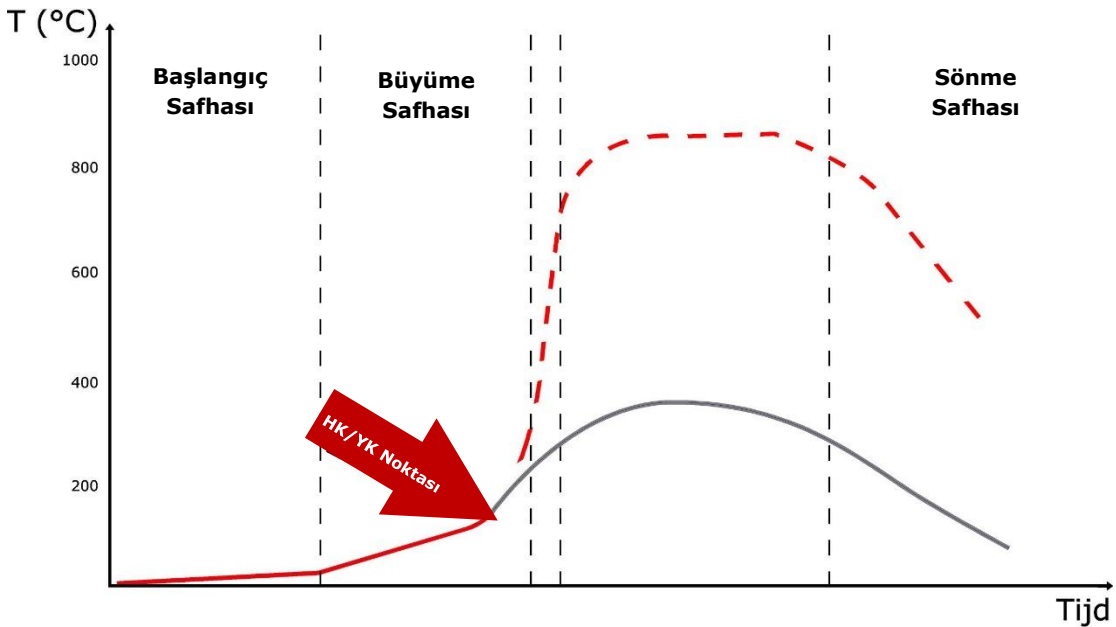
Çoğu zaman yangın, ilk alev alan objenin yakınındaki objeleri tutuşturamak için gereken seviyede ısı yayma değeri üretememesi sebebiyle kendi kendine söner. Bu gibi durumlarda genellikle çok fazla duman olur fakat ısı olmaz. Yani ortamda aslında flashover gerçekleşmesine neden olacak kadar yakıt vardır. Fakat yakıtın oda içindeki dağılımı bunu engeller. Yangın daha başlangıç aşamasında söner.

Kısa süre önce, Oostkamp İtfaiyesi kendisini böyle bir yangınla karşı karşıya buldu. Tüm bir ailenin birinci katta mahsur kaldığı söylenen bir ikametgah yangını ihbarına gittiler. Olay yerine vardıklarında, giriş katın tamamı dumanla doluydu. Duman, birinci katta olan bina sakinlerinin çıkışını engelliyordu. İlave olarak birinci kattaki camlar tek katmandı. Yangın hava almamış gibi görünüyordu. İtfaiye ekipleri, camları kırarlarsa havalandırma tahrikli bir flashovera neden olacaklarını anladılar. 45 mm'lik hortumlarla dahilden söndürme çalışması başlatıldı. Söndürme koluyula ilerlerken, oturma odasındaki dumanın ılık bile olmadığı fark edildi. Soğuk duman, hava almamış bir yangın nedeniyle ortaya çıkmış

olabilirdi. Yeterli hava olmaması nedeniyle yangının ısı yayma değeri çok düşüktü (bkz. Şekil 2). Yani çok düşük miktarda ısı birikmişti. Ekipler, termal kamera kullanarak yangının merkezini buldular. Yangının kaynağı, şarja takılı vaziyetteki bir elektrikli kaykaydı. Alet, meşe ağacından yapılmış bir dolabın yanında duruyordu. Dolap kararmış ve kavrulmuştu. Fakat yanan kaykayın ürettiği ısı yayma değeri, ahşap dolabı yakmaya yetmemişti. Kaykay, tamamen yanıp sönme evresine girmişti. Yangın, çok miktarda duman üretmişti fakat yeteri kadar ısı üretmemişti. Bir fan ile duman binadan tahliye edildi ve aile kurtarıldı. Duman sıcak olmasa bile toksisite seviyesi, solunum cihazı olmaksızın dumanın içinden geçip kurtulmayı imkansız kılıyordu.

Bununla beraber, bu senaryo tamamen farklı da gelişebilirdi. Oturma odasının diğer tarafında karton bir kutu vardı ve akülü kaykay normalde burada duruyordu. Bu karton kutu büyük bir üçlü koltuğun yanındaydı. Bir anlığına kaykayın bu kutunun içine veya üzerine konulduğunu ve yanmaya başladığını düşünün. Bu durumda koltuk da alev alacaktı. Koltuk oturma odasında bir flashover gerçekleşmesi için yeterli miktarda ısı yayma değeri üretecekti. İtfaiye olay yerine vardığında, giriş katta büyük ve tam gelişmiş bir yangın bulacaktı. Böyle bir yangında birinci kata etki eden sıcaklık 10 kat fazla olacaktır. Yatak odası kapılarının yardım gelene kadar bu aileyi koruyup korumayacağını ise kesin bilemeyiz.

Bu iki durumu karşılaştırdığımızda, farklı olan tek etkenin akülü kaykayın (ilk yanan objenin) koyulduğu yer olduğunu görürüz. Oturma odasındaki diğer herşey aynıdır. Bir senaryo büyük miktarda duman hasarıyla sonuçlanırken, diğer senaryo evin tamamen yanması ve mahsur kalan birkaç kişinin ölmesiyle sonuçlanmaktadır. Hava almış bir yangının flashover ile sonuçlanması için yakıtın uygun şekilde yerleşmiş olması gerekir.



Şekil 2 Yeterli miktarda hava yoksa, yangın kırmızı çizgiden gri çizgiye geçer. Buna hava almamış yangın denir. (Şekil: Karel Lambert)

Yeterli miktarda havalandırma olmadığında flashover gerçekleşemez. Böyle durumlarda *hava almamış* yangınlarla karşı karşıya kalırız. Yangın kendiliğinden sönene kadar veya

ilave havalandırma açıklıkları yaratılana dek ufak boyutta kalır. Bu yangının daha farklı bir eğrisi vardır; Şekil 2’de gösterilmiştir.

Bu makale, Şekil 1’de gösterilen hava almış yangınlarla ilgilidir. Şekil 1’deki eğri çoğu itfaiyeci tarafından sıcaklık eğrisi olarak bilinir. Bu eğri türü, yangınlarda sıcaklık gelişimini zamanın bir fonksiyonu olarak gösterir. Bu görüşle ilgili birkaç farklı soru sorulabilir: *Eğri tam olarak kaç derece sıcaklığı göstermektedir?* Bir diğer deyişle: *Hangi noktaya bir termometre koyarsak bahsettiğimiz grafiğe denk ölçümler yapabiliriz?* Çoğu itfaiyeci bu soruyu cevaplayamaz.

Doğru cevabı biliyor musunuz? Bu makalede okuyucuya zaman zaman böyle sorular sorulacaktır. Bir sonraki bölümü okumadan önce bu soru hakkında düşünün. Bu yazı cevabınızı doğruluyor mu? Harika! Eğer doğrulamıyorsa cevabınızın neden doğru olmadığını düşünün. Her iki durumda da birşey öğrenmiş olacaksınız.

2 Yangının ısı yayma değeri

Her yangın bir miktar ısı yayma değeri üretir. Bu aşağıdaki gibi tarif edilir: üç kişilik bir koltuk hayal edin. Bu koltuğun bir sigara nedeniyle tutuştuğunu varsayın. Koltuk minderinde çeyrek metrekarelik bir alan yanmakta. Alevler koltuktan 50cm yükseliyor. *Aklınızda bu resmi canlandırabiliyor musunuz?*

Alevlerde çıkan ısı yukarıya doğru yükselir. Burada duman katmanını ısıtır. Isının bir kısmı koltuğa geri ışıır. Bu koltuğun ısınmasına neden olur. Koltuk (yakıt yükünün) sıcaklığının yükselmesi nedeniyle pirolize olmaya başlayacaktır. Yani koltuk bu aşamadan itibaren kütlelerinin bir kısmını kaybetmeye başlar. Eğer koltuk bir tartının üzerinde duruyor olsaydı ağırlığının yavaşça azaldığını görürdük. Bunun bilimsel adı kütle kaybı değeridir (kg/s ile ölçülür). Yakıt ne kadar sıcaksa piroliz gazları o kadar hızlı oluşur (tartıda gördüğümüz ağırlık değeri daha hızlı düşer). Bu şekilde açığa çıkan piroliz gazları gaz haline geçmiş yakitten başka birşey değildir. Alevler, bu piroliz gazlarıyla beslenir. Piroliz gazları alevli şekilde yanarken, ortamdaki havada bulunan oksijen kullanılır.

Gaz ocağı bir açma düğmesiyle çalışır. Sonrasında gaz bir kıvılcım ile tutuşturulur. Düğmeyi çevirerek büyük veya küçük bir alev oluşturulabilir. Gerçek bir yangında bu düğmenin görevini yakıt yükü üzerine düşen ısı miktarı görmektedir. Yakıt ne kadar sıcaksa saniye başına açığa çıkan piroliz gazı artar.

Yukarıdaki kısım sadece yakıt kontrollü yangınlar için geçerlidir. Yakıt kontrollü yangınlarda hava (oksijen) fazlasıyla vardır. Isı yayma değeri piroliz gazlarının miktarına (yani kütle kaybı değerine) bağlıdır. Yangının hava kontrollü hale gelmesi demek tüm bu piroliz gazlarını yakacak kadar fazla havanın ortamda bulunmaması demektir. Bu gazların bir kısmı duman katmanında kalır. Yani duman katmanı içinde yanmamış gazlar birikmektedir. Yangının ısı yayma değeri mevcut hava ile sınırlıdır. Bu durum şekil 2’de yangının kırmızı çizgiden gri çizgiye atladığı yerde gösterilmiştir. Bununla beraber anlatılan süreç şekil 1’de de oluşmaktadır. Eğri yatay olarak yükselmeden evvel hava kontrollü safhaya girer. İki yangın eğrisi de hava kontrollüdür.

Şekil 1’deki grafik aynı zamanda *ısı yayma değeri – zaman grafiği* olarak da tanımlanır. Bu grafik ısı yayma değerinin zamanın bir fonksiyonu olarak nasıl geliştiğini gösterir. Şekil 1



ilk safhayı göstermektedir. Başlangıç safhasında yangın yakıt kontrollüdür ve ısı yayma değeri açısından sınırlıdır. Yangın, büyüme evresi boyunca da yakıt kontrollü kalmaya devam eder. Fakat flashover anında hava kontrollü olur. Grafiğin tam gelişmiş yanma evresinde gösterilen yatay eğimi odaya mevcut havalandırma boşluklarından giren hava miktarının sınırlı olmasıdır.

3 Yangın eğrisinden hangi bilgiler çıkartılabilir?

Şekil 3'de görünen yangına bir bakın. Açıkça görülüyor ki bu bir tam gelişmiş yangındır. Yangın yanyana iki pencereden hava almıştır. İki pencerenin de yerden yüksekliği aynıdır ve ikisi de aynı boyuttadır.

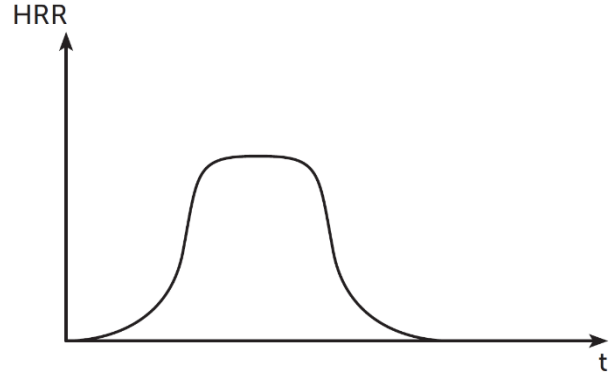
Bu pencerelerin bir oturma odasına açıldığını ve oturma odasının kapısının kapalı olduğunu varsayın. İki pencere de resimdeki yangın için tek havalandırma açıklığı olacaktır. Oturma odasında; koltuklar, sehpa, kitaplık ve tv gibi çok miktarda yakıt var. Resimde tüm odanın yandığı açıkça görülüyor. Bu hava kontrollü yangının tipik bir örneği.

Bu yangın, elbette başladığında çok küçüktü. Basit olması açısından yangın başladığı sırada iki pencerenin de açık olduğunu varsayıyoruz. Yangının üçlü koltukta başladığını düşünelim. Başlangıçta sadece sınırlı miktarda ısı yayma değeri vardır. Yangın büyüdükçe ısı yayma değeri artar.



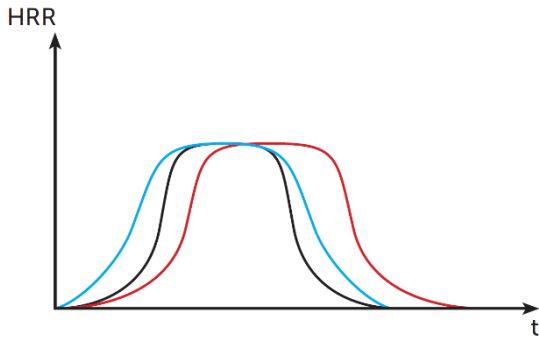
Şekil 3 iki pencereden hava almış tam gelişmiş yanma safhasındaki bir yangın. (Fotoğraf: www.nufoto.nl)

Şekil 4, ısı yayma değerinin zaman ilerledikçe nasıl geliştiğini gösteriyor. Yangın küçük bir yanma ile başlıyor ardından büyüyor ve flashoverdan sonra tam gelişmiş safhaya ulaşıyor (yatay seviye). Bir süre sonra yakıt miktarı ciddi şekilde azalıyor. Bu safhada çok miktarda yakıt, yanmış oluyor. Yani kütle kayıp değeri nedeniyle çok az yakıt kalıyor. Yakıtın büyük kısmı piroliz gazına dönüşüyor. Bu noktada yangının sönme evresine ortamdaki yakıtın %70'i yandıktan sonra geçtiğini varsaymak mantıklıdır. Piroliz gazlarının miktarı (saniye başına) azalır. Çünkü ortamda çok az yakıt kalmıştır. Bir noktada, mevcut havalandırma açıklıklarından giren hava miktarı tekrardan tüm piroliz gazlarını yakmaya yetmeye başlar. Yangın, tekrar yakıt kontrollü safhaya geçer. Piroliz miktarı azaldıkça ısı yayma değeri de düşer ve yangın bir süre sonra kendiliğinden söner. Piroliz gazlarının üretimi o kadar azalır ki alevli yanma devam edemez. Arta kalan yakıt kor halinde içten içe yanmaya devam eder. Zamanla herşey soğur ve yangın tamamen söner.



Şekil 4 Hava almış bir yangında zamanın bir fonksiyonu olarak ısı yayma değeri. (Çizim: Karel Lambert)

Şimdi aynı şekilde yapılmış bir evde aynı oturma odasının ebatlarına sahip bir odada başka bir yangın hayal edelim. Yakıt yükü ve eşyalar aynı olsun ve hepsi aynı yerde olsun. Yangın da aynı şekilde üçlü koltuktaki bir sigarayla başlasın. Birşey dışında herşey ilk senaryomuzla aynı olsun. Pencerelerden sadece birinin açık olduğunu varsayalım. Önceki yangına göre pencerelerin alanı yarı yarıya az. Peki bunun ısı yayma değeri üzerindeki etkisi nedir? İki pencerenin açık olması durumuna göre yangın daha yavaş mı ilerler? Ya da bir şekilde daha mı hızlı olur?



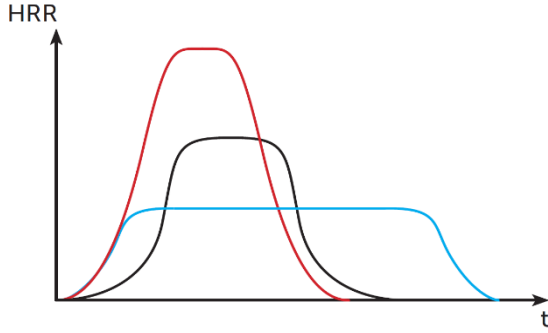
Şekil 5'te siyah çizgi, yangının iki pencerenin açık olması halinde nasıl gelişeceğini göstermektedir.

Mavi çizgi ise daha hızlı gelişen bir yangını göstermektedir.

Kırmızı çizgi ise daha yavaş yanan bir yangını göstermektedir. Hangisi daha doğrudur? Belki de ikisi de yanlıştır.

Şekil 5 İki yerine tek pencereye sahip bir yangındaki ısı yayma değeri grafiği varyasyonları. (Şekil: Karel Lambert)

Düşüncenizi desteklemek için geliştirdiğiniz argümanlar üzerinde düşünün.

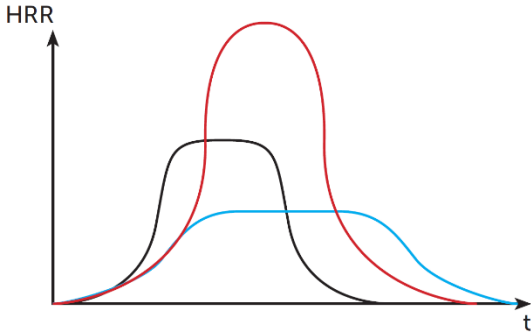


Şekil 6 İki yerine tek pencereye sahip bir yangındaki ısı yayma değeri grafiği için diğer seçenekleriniz. (Figure: Karel Lambert)

tek penceresi açık odada gelişen yangını gösteriyor olabilir mi? *Düşüncenizi destekleyen argümanları yine düşünün.*

Daha hızlı gelişen ama daha yüksek ve alçak ısı yayma değerini ifade eden başka iki grafik de çizebiliriz. Siyah çizgi yine iki pencerenin açık olduğu oturma odasını ifade eder. Mavi çizgi, daha hızlı gelişen fakat hızla büyümesini durduran ve daha düşük ısı yayma değerine sahip bir yangını gösterir. Bu yangın daha uzun süre devam eder.

Kırmızı çizgi ise daha hızlı gelişen ve daha yüksek bir ısı yayma değerine ulaşan bir yangını göstermektedir. Bu yangının daha kısa sürede bitmesine neden olur. Bu iki grafikten birisi sizce gösteriyor olabilir mi? *Düşüncenizi destekleyen*



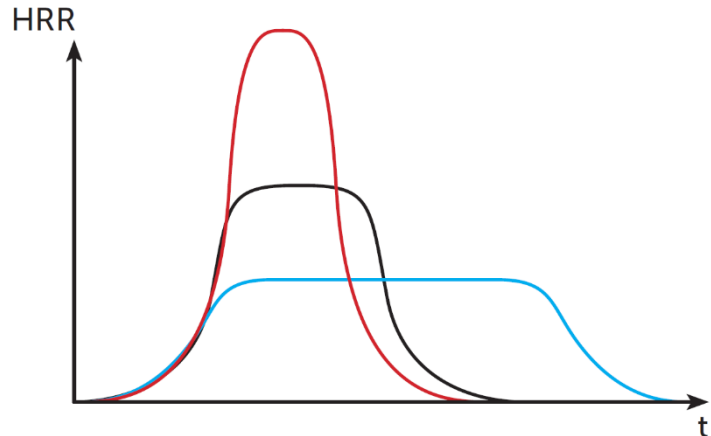
Şekil 6 Aynı yangın için değerlendirebileceğiniz farklı iki seçenek daha. (Şekil: Karel Lambert)

Şekil 7, şekil 6'nın bir varyasyonudur. Bu sefer kırmızı ve mavi çizgiler iki penceresi açık olan odadaki yangına (siyah çizgi) kıyasla daha yavaş büyüyen bir yangını ifade eder. Tıpkı şekil 6'daki gibi mavi çizgi siyah çizgiye göre ısı yayma değeri daha düşük bir yangını gösterir. Kırmızı çizgi ise siyah çizgiye göre daha yüksek bir ısı yayma değerine sahip bir yangını gösterir. Belki de bu çizgilerden bir tanesi doğrudur.

Eleştirel bir şekilde düşünüp bir cevap formüle etmek size kalmıştır.

Şekil 5,6 ve 7, siyah çizgide gösterilen yangından daha hızlı veya yavaş gelişen yangınları temsil etmektedir. Bununla beraber büyüme eğrisinin, ikinci pencerenin açık olmasından etkilenmeme ihtimali de vardır.

Şekil 8, bu iki ihtimali göstermektedir. Mavi çizgi ilk başta aynı siyah çizgi gibidir. Buna göre yangın aynı şekilde büyümektedir. Bununla beraber ilerleyen aşamada yangının ısı yayma değeri daha düşük bir şiddette seyreder. Kırmızı çizgi ise tıpkı mavi çizgi gibi siyahla aynı büyür. Fakat iki pencerenin açık olduğu yangına göre daha yüksek bir ısı yayma değerine sahiptir. Belki de doğru grafik bunlardan biridir. Belki de hala daha farklı bir olasılık vardır. *Cevabınızı ve bu cevabını neden doğru olduğunu düşünün.*



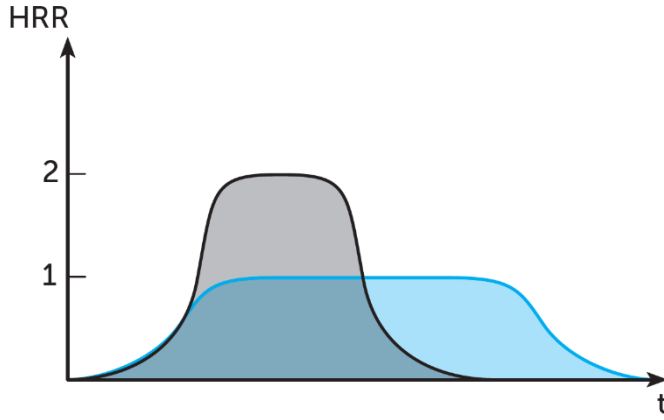
Şekil 7 Tek pencerenin açık olduğu yangının gelişimini gösteren değerlendirebileceğiniz iki diğer ihtimal. (Şekil: Karel Lambert)

4 İki yerine bir pencere açık olmasının etkisi

Siyah çizgi, iki penceresi açık bir oturma odasındaki bir yangın için ısı yayma değerinin belli bir süre boyunca nasıl geliştiğini göstermektedir. İlk çizginin ilk kısmı, yangının başlangıç ve büyüme safhalarını göstermektedir. Yangın bu safhada henüz yakıt kontrollüdür. Yani, ortamda üretilen piroliz gazlarını yakmaya yetecek kadar hava vardır. Eğer havalandırma açıklıklarının ebatı büyürse bu yangının büyüme hızını etkilemez. Sonuçta ortamda zaten yeteri kadar hava vardır. Yangının ilk aşamalarında havalandırma açıklıklarını küçültmek de bir etkiye sahip değildir. Bir açıklıktan, ortaya çıkan piroliz gazlarını yakabilmek için yeterli miktarda hava girişi olduğu müddetçe, yangın yakıt kontrollü kalacaktır ve buna göre artan havalandırmanın etkisi olmayacaktır.

Yakıt kontrollü bir yangının hızlı ya da yavaş gelişmesi, başlangıç aşamasında bir ya da iki pencerenin açık olmasına bağlı değildir. İki yangının da (hem iki pencere açık olan hem de tek pencere açık olan) eğrileri çakışıktır.

Tek pencerenin açık bırakıldığı oturma odasındaki yangın da flashover safhasına ulaşacaktır. Açık olan pencereden giren hava yangının büyümesi için yeterlidir. Unutmayın; açık pencerenin ebatları yeterli hava sağlayacak kadar geniş olmalıdır. Oturma odasındaki yangının flashovera ulaşabilmesi için belirli bir ısı yayma değerine ulaşması şarttır. Şekil 3'deki iki pencerenin orijinal pencerenin ¼'ü büyüklüğünde bir pencere ile değiştirildiğini varsayın. Bu durumda muhtemelen yangın flashover'ın gerçekleşmesinden daha önce havalandırma kontrollü hale gelecektir. Bu durumda hava almamış bir yangınla karşı karşıya kalırız. Şekil 2 bu senaryonun olası bir gösterimidir.



Şekil 8 Mavi grafik, siyah grafiğin sadece yarısı kadar ısı yayma değeri üretir. Çünkü yakıt daha yavaş tüketilir. Dolayısıyla yangın daha uzun süre devam eder. (Şekil: Karel Lambert)

İkinci senaryoda pencerelerin ebatı ilkinde göre yarı yarıya azaltılırsa içeri giren hava da yarı yarıya azalır. Yani ikinci yangında üretilen ısı yayma değeri ilk yangının yarısı kadar olacaktır. Yatay çizgilerin yüksekliği açık pencerelerin toplam yüzey alanı tarafından belirlenir. Belli bir zaman diliminde içeri ne kadar hava gireceğini bu pencerelerin ebatı belirler. Dolayısıyla maksimum ısı yayma değerini de belirler. Yatay çizginin yüksekliği siyah çizginin tam yarısı kadardır. Eğer iki yerine dört pencere açılsaydı şekil 8'deki kırmızı çizgi doğru olacaktı. Siyah yangın çizgisinin iki katı kadar büyük bir ısı yayma değerine ulaşılacaktı.

Son olarak çizgilerin altında kalan alan yakıt yükünü temsil etmektedir. Bu şekil 8'deki mavi çizginin siyah çizgiden neden uzun olduğunu (ve kırmızı çizginin niye dar olduğunu) açıklar. ısı yayma değeri siyah çizginin yarısıysa herhangi bir zaman diliminde yakıtın da yarısı yanıyor demektir. Yani yakıt yükünün yanarak tükenmesi iki kat süre alacaktır. Bunun en güzel örneği odun sobasıdır. Yangını beslemek için ne kadar odun atarsanız atın. Hava girişini azaltırsanız üretilen ısı azalacaktır (çünkü ısı yayma değeri azalmıştır.).

Bu, Şekil 9'da görülebilir. Gri ile işaretlenen yüzey alanı ile mavi renkle işaretlenen yüzey alanları eşittir. Aynı miktarda yakıtı temsil etmektedir. "Siyah" yangında iki kat hava alma imkanı vardır dolayısıyla yakıt yükü iki kat hızlı tüketilir. Bu yangının süresinin yarı yarıya azalması anlamına gelirken ısı yayma değerinin iki kat şiddetlenir.

5 Kaynaklar

- [1] *Lambert Karel, Baaij Siemco (2018) brandverloop: technisch bekeken, tactisch toegepast, 2nd edition, Sdu*
- [2] *Lambert Karel (2009-2019) CFBT-eğitmen eğitimi atak konteyneri kursu, CFBT-BE*
- [3] *McDonough John (2009-2019) kişisel görüşme*
- [4] *Grimwood Paul (2008-2019) kişisel görüşme*

Yazar hakkında:

Karel Lambert, Brüksel İtfaiye Teşkilatında bir grup amiridir. Aynı zamanda kendi ikamet ettiği kasabada gönüllü itfaiyecidir. Dünya çapında 9 farklı ülkede eğitim programlarına katılmış bir uluslararası eğitmendir.

Karel inşaat mühendisliği, iş sağlığı ve güvenliği ve yangın güvenliği mühendisliği alanında yüksek lisans yapmıştır. Gent Üniversitesinde misafir eğitmendir.

Karel, iki kitapta ortak yazardır ve itfaiyecilikle ilgili çok sayıda makale yazmıştır.

