

DEPREM SONUCU ÇIKABİLECEK YANGINLARIN OLUŞTURACAKLARI KLASİK HAVA KİRLİTİCİLERİN SEVİYELERİ VE ETKİLERİ

Yücel Taşdemir*

ÖZET

Yangınlar, çeşitli sebeplerden dolayı çıkabilirler. Bu sebeplerden bir tanesi de depremlerdir. Bu olayın hemen akabinde insanların panik halinde olması ve bazı hizmetlerin (su, elektrik, telefon vb) kesilmesi veya hasara uğraması sonucu, deprem bölgelerinde çıkabilecek bir yangın daha uzun süreli ve daha etkili olabilir. Eysel kökenli materyallerden oluşan yakıtların yanmasında, klasik hava kirleticisi konsantrasyonları insan sağlığını tehdit edici seviyelere ulaşabilmektedir. Bu makalede, yangınlar sonucu oluşması muhtemel klasik kirleticilerin seviyeleri ve etkileri hakkında bilgiler verilerak, dış hava standartları ile mukayeseleri yapılmıştır.

THE LEVELS AND IMPACTS OF TRADITIONAL AIR POLLUTANTS CAUSED BY POSSIBLE FIRES DURING AN EARTHQUAKE

ABSTRACT

Fires can be occurred by many reasons. One of the reasons might be earthquakes. Just after the earthquake, possible fires in these regions may continue longer and may be more effective due to the panic situation of the people and cut or damage on some of the basic services (water, electricity, telephone etc.). During the combustion of fuels originated from residential materials, the traditional air contaminant concentrations reached to the levels of threatening the human health. In this paper, the levels and effects of the traditional air pollutants were detailed and they were also compared with the ambient air standards.

Anahtar Kelimeler : Hava Kirliliği, SO₂, NO_x, CO, PM, Yangın.

*Yard. Doç. Dr., Uludağ Üniversitesi, Müh-Mim. Fak., Çevre Müh. Bölümü, 16059 Görükle/Bursa

1. GİRİŞ

Yangınlar sonucu oluşan emisyonlar insan ve çevre için önemli tehlikeler oluşturabilir. Isı ve alevlerden oluşan bu etkiler içinde en belirgin olanları, görünür bir karanlık oluşması, göz ve solunum yolu tahrişleridir. Yangın mahallinden zamanında uzaklaşamaması toksik gazların solunumu ve/veya termal yarınmalar sonucu yaralanmalara veya ölümlere sebep olabilir.

Çoğu zaman görüş alanının azalması yangından uzaklaşmak için iyi bir uyarıdır. Ancak, görüşün azalması yaşam için yeterli bir tehlike değildir. Tehlikeli yanıklar veya yaralanmalar yangına yakın olduğunda ortaya çıkar. Diğer bazı fizyolojik etkiler de dumanın tenneffüsü dolayısıyla oluşabilir ve bu olay yangından uzaklarda dahi görülebilir. Bunda, dumandan dolayı oluşan havadaki konsantrasyonlar ve kirlenici türleri etkili olurlar. Ancak yangının fizyolojik ve zihinsel olarak ortaya çıkarabileceği etkileri ortaya koymak oldukça zordur (Morikawa v.d., 1989; Hirschler, 1989).

Yangında çıkan gazlardan zehirlenme önemli bir ölüm sebebidir. Oluşan bu gazlar yanan materyale bağlı olduğu kadar, yangının ortam sıcaklığına, oksijen konsantrasyonu ve oda büyüklüğüne de bağlıdır (Morikawa v.d., 1989).

Bu makalenin amacı, beklenmedik bir olay sonucu (örneğin, deprem) yerleşim yerlerinde çıkabilecek yangınların oluşturacağı klasik kirlenici türlerin, miktarlarının ve etkilerinin özetlenmesidir. Klasik hava kirleniciler, endüstriyel ve evsel yangınlardan kaynaklanabilirler. Aşağıdaki bölümlerde bu olay alt başlıklar halinde verilecektir.

2. YANMA OLAYI

Yanma, kimyasal bir reaksiyon olup oksijen ile gerçekleşir. Yanma, yakıt-oksijen karışımına ve tutuşma sıcaklığının üzerinde bir sıcaklığa ihtiyaç duyar. Sıcaklığın yanında yanma verimine etki eden diğer faktörler, zaman ve türbülansdır (Hesketh, 1996). Bu üç değişkenden biri veya birkaçı değiştirilerek, yanma verimi ve oluşacak son ürünler etkilenebilir.

Stokiyometrik (teorik) hava miktarı, herhangi bir yakıtın teorik olarak tam yanması sonucu CO_2 , H_2O , ve diğer oksitlenmiş son ürünlere dönüşmesi için gerekli hava miktarıdır. Genel formülü C_mH_n ile verilen bir yakıt için yanma reaksiyonu şu şekilde gerçekleşir:



Teorik olarak tam yanma sağlanamazsa, çıkış gazında CO ve C_mH_n nispeten yüksek konsantrasyonlarda görülebilir. Bu da yanma veriminin beklenenden düşük seviyede gerçekleşiyor olduğunu gösterir. Katı, sıvı veya gaz haldeki yakıtların yakılmasında hava (oksijen) miktarı artırılarak tam yanma verimi artırılabilir ve bu oran stokiyometrik hava oranından fazladır (Hesketh, 1996; Muezzinoglu, 1987; Tunay ve Alp, 1996).

3. YANMA ve KLASİK YANMA SON ÜRÜNLERİ

Yanma sonucu oluşan klasik hava kirlenmeler olarak genellikle karbonmonoksit (CO), kükürt dioksit (SO_2), azot oksitler (NO_x) ve partikül maddeler (PM) bilinir. Genellikle fosil yakıtların yakılması sonucu oluştuğundan, kentsel atmosferik koşullarda bu kirlenmelere kolaylıkla rastlanabilir.

Klasik hava kirlenmeler belli konsantrasyonların üzerinde insan ve çevre için olumsuz etkilere sebep olurlar. Bundan dolayı da çeşitli ülkeler bu kirlenmeler için standartlar oluşturmuşlardır. Türkiye’de 1986’da yürürlüğe giren “hava kalitesinin korunması yönetmeliği (HKKY)”, klasik hava kirlenmelerinin atmosferdeki konsantrasyon seviyeleri ve endüstrilerden emisyon sırasında izin verilebilecek limitleri tespit etmiştir. Klasik hava kirlenmelerin dış havadaki uzun ve kısa vade limit (UVS ve KVS) değerleri Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. HKKY’nde Bazı Klasik Hava Kirlenmeler için Verilen UVS ve KVS Değerleri ($\mu g/m^3$)

Kirlenme	UVS Değeri	KVS Değeri
karbon monoksit (CO)	10 000	30 000
kükürt oksitler (SO_2 ve SO_3)	150	400 (900)
azot monoksit (NO)	200	600
azot dioksit (NO_2)	100	300
partikül maddeler (PM_{10})	150	300

Not: Parantez içindeki değer maksimum saatlik değeri vermektedir.

Tablo 1, dış havada olması istenen standartları içermektedir. Ancak yanma sırasında ölçülebilecek değerler Tablo 1’dekilerin çok üzerindedir. Buna örnek olması açısından, Tablo 2, Bursa’daki bazı gıda üretim tesislerinden ölçülmüş olan klasik hava kirlenmelerinin konsantrasyon seviyelerini ve HKKY’ndeki sınır değerlerini vermektedir.

Tablo 2. Gıda Sektöründe Yapılan Ölçüm Ortalamaları ve HKKY Değerleri (Taşdemir ve Payan, 1999)

Yakıt Türü	Kirletici	Ölçülen Konsantrasyon (mg/m ³)	HKKY Değeri (mg/m ³)
Gaz (Doğal Gaz)	CO	1.5 ± 2.1	100
	SO ₂	1	100
	NO _x	191.5 ± 40.3	a
	PM	5.6 ± 2.3	10
Sıvı (Fuel-oil)	CO	38.9 ± 52.5	175
	SO ₂	3240.5 ± 1824.2	1700
	NO _x	514.4 ± 178.8	b
	PM	174.9 ± 134.0	150
Katı (Kömür)	CO	1526.3 ± 271.6	250
	SO ₂	1279.3 ± 1076.5	2000
	NO _x	323.5 ± 97.6	c
	PM	134.0 ± 55.1	350

^a. Gaz yakıt kullanan ve ısı gücü 100 MW'ın altında olan tesisler için HKKY'nde sınır değeri verilmemiştir.

^b. Sıvı yakıt kullanan ve ısı gücü 50 MW'ın altında olan tesisler için HKKY'nde sınır değeri verilmemiştir.

^c. Katı yakıt kullanan ve ısı gücü 50 MW'ın altında olan tesisler için HKKY'nde sınır değeri verilmemiştir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi yanma sonucu atmosfere deşarj edilen kirletici konsantrasyonları, HKKY'deki KVS değerlerine göre oldukça büyüktür. Bununla birlikte Tablo 2'deki veriler, yangın sırasında oluşabilecek değerlere göre farklar gösterirler çünkü yangın kontrolsüz şartlarda gerçekleşir. Tam yanmanın gerçekleşmediği şartlarda, özellikle partikül madde ve karbon monoksit konsantrasyonlarında büyük artışlar olurken, azot oksitlerde bir miktar azalmalar görülebilir.

4. KLASİK YANMA SON ÜRÜNLERİNİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Partikül maddeler (PM'ler) katı veya sıvı halde bulunabilirler. Küçük çaplı PM'ler (5 µm²) üst solunum yollarından geçip, akciğerlere girerler ve alveollerde çökerler (Never, 1995; Hesketh, 1996). Bu yüzden son yıllarda PM₁₀ ile ilgili standartlar kullanılmaktadır. PM'lerin başlıca sağlık etkileri şöyle sıralanabilir: mevcut solunum ve kalp hastalıklarında kötüleşmeler, yabancı maddelere karşı vücudun savunma mekanizmalarında değişiklikler, akciğer dokularında hasarlar, ve erken ölümler (Moroz, 1996; Peavy v.d., 1985; Müezzinoğlu, 1987).

Kükürt dioksit (SO₂), kükürt içeren fosil yakıtların yakılması sonucu ve doğal olaylar sonucu oluşur (Tünay ve Alp, 1996; Finlayson-Pitts ve Pitts, 1985). Renksiz bir gaz olan SO₂'nin koku eşik değeri 0.5 ppm'dir (Moroz,1996). Önemli sağlık problemleri arasında solunuma etkiler, akciğerlerin savunma mekanizmasının kırılması, mevcut solunum ve kalp hastalıklarında kötüleşmeler, ve ölüm sıralanabilir (Moroz,1996; Ertürk, 1993).

Karbon monoksit (CO), renksiz ve atmosferik konsantrasyonlarda kokusuz bir gazdır. CO, kandaki hemoglobine oksijene göre daha hızlı bir şekilde reaksiyona girebildiğinden, kandaki oksijen miktarını azaltır. CO doku ve organlara oksijen iletimini azalttığından kalp rahatsızlıkları olanlar en çok etkilenen gruptur. Yüksek konsantrasyonlarda görüntü ve zihinsel algılamaalarda bozukluklar ortaya çıkar (Moroz,1996; Ertürk, 1993).

Azot oksitler (NOx), genellikle NO ve NO₂ olarak anlaşılır. NO kırmızımsı-kahverengi renkte olup koku eşik değeri 0.2 ppm'dir. Troposferik ozon oluşumunda etkin rol oynar (Seinfeld, 1985; Muezzinoğlu, 1987; Moroz,1996). NO₂ de troposferik ozon oluşumunda etkili olmakla birlikte, akciğerleri tahriş eder, bronşite sebep olur ve vücudun solunum enfeksiyonlarına karşı direncini azaltır (Never, 1995; Hesketh, 1996; Moroz,1996).

Kronik solunum ve/veya kalp rahatsızlığı olanlar, astımı olanlar, çocuklar ve yaşlılar bu kirleticilerden en olumsuz yönde etkilenen gruplardır. İnsan sağlığının yanısıra bu kirleticilerin ekosisteme de olumsuzlukları çeşitli çalışmalarda vurgulanmıştır (Mackenzie ve El-Ashry, 1989; Hewitt ve Sturges, 1993; Seinfeld, 1985; Canter, 1996; Finlayson-Pitts ve Pitts, 1985). Bu olumsuzlukların en önemlileri arasında asit yağmurları, troposferik atmosferde ozon oluşumu, bina ve bitkilere etkiler sayılabilir (Halvorsen ve Ruby, 1982; Peavy v.d., 1985).

5. KİRLETİCİ KONSANTRASYON KARAKTERİSTİKLERİ

Yerleşim ve ticari alanlardan yangın sırasında yanabilecek kaynaklar çeşitli olup bunların ısı değerleri büyük farklılıklar gösterebilir. Bu alanlardaki başlıca yanabilecek materyal grupları şöyle gruplanabilir: kağıt ürünleri (karışık kağıt, gazete, dergi, kutular), gıdalar (sebzeler, meyveler, et ve et ürünleri), veyetasyon (mobilya, ev bitkileri, ağaç ve ahsap ürünler), ve diğerleridir (lastikler, deriler, plastikler, PVC ürünler). Bu tür materyallerin yanması sonucu oluşacak ısı değeri, evsel çöplerin ısı içeriği olan 4300 Btu/lb'den daha büyüktür (Hesketh, 1996) çünkü evdeki halı ve mobilya türü eşyalar ısı içeriğin

artmasına sebep olurlar. Evsel atıkların bir yakma tesisinde yanması sonucu açığa çıkması muhtemel klasik kirlenici gazların konsantrasyonları (Hesketh, 1996) ve hangi kaynakların sebep oldukları Tablo 3'te özetlenmiştir (Hirschler, 1989):

Tablo 3. Yanan Materyallerden Oluşan Klasik Hava Kirleniciler ve Konsantrasyonları

Gaz ve PM	Kaynak	Konsantrasyon
CO* - CO ₂	Yanabilir tüm materyaller.	1000 ppm (1250 mg/m ³)
NO _x * - NH ₃ - HCN	Yün, ipek, sünger, naylon	100 ppm (170 mg/m ³)
SO ₂ *	Yün, S-içeren polimerler, pısrılmış lastikler.	100 ppm (285 mg/m ³)
PM*	Yanabilen, ufalanabilen, oksitlenebilen vb materyaller	100 - 5000 mg/m ³

* Tablo 3'te konsantrasyon değeri verilen kirleniciler

^a: T = 273 K ve 1 atm basınca göre ppm'den mg/m³'e çevirmeler yapılmıştır.

^b: NO_x, %50 NO ve %50 NO₂'den oluşuyor kabul edilmiştir.

Morikawa v.d. (1989) yaptıkları deneylerde iki katlı bir binada yaklaşık 450 kilo sentetik ve doğal yapıdaki polimerler içeren yanıcı maddeleri kullanarak oluşan gazlar ve onların fareler ve tavşanlar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Deneyde kullanılan yer bir yurt odası olduğundan genelde her evde olabilecek ve yanıcı özelliği olan materyalleri içermiştir. Bu materyal ve ürünler şunlardır: masa, sandalye, kitaplık, ayakkabı dolabı, halı, televizyon seti, telefon, perde, yatak seti, battaniye, yastık, elbiseler, PVC materyaller, suni deri, gazete, kitaplar, çeşitli tahta yapılar, PVC duvar kağıdı, ve kontraplak. Yanma deneyleri 2 saat devam ettirilmiş ve deneyler süresince çıkan gazlar toplanarak analizleri yapılmıştır. Deney boyunca konsantrasyonlarda salınımlar gözlenmiştir ve değişik noktalarda ölçülen en yüksek değerler Tablo 4'te özetlenmiştir:

Tablo 4. Yapay Yangın Deneyi Sonucu Oluşan Klasik Hava Kirlenicilerin Seviyeleri

Gaz Türü	Konsantrasyon	Konsantrasyon ^a (mg/m ³)
CO, CO ₂ , O ₂	%5, %16, %2.8	62540, 314480, 40025
NO _x	70 ppm	119 ^b
SO ₂	230 ppm	658

Not: % 0.1 = 1000 ppm.

^a: T = 273 K ve 1 atm basınca göre ppm'den mg/m³'e çevirmeler yapılmıştır.

^b: NO_x, %50 NO ve %50 NO₂'den oluşuyor kabul edilmiştir.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yakılan materyaller ve deney düzenekleri gözönüne alındığında, Tablo 4'teki değerler yangın sırasında oluşması muhtemel konsantrasyonları vermektedir. Ancak dispersiyon yoluyla seyrelmeler olsa da özellikle yangın civarındaki insanlar bu yüksek konsantrasyonlara maruz kalabilirler. Birden fazla yangının aynı anda çıkabileceği veya büyük bir endüstriyel tesisin (rafineri gibi) yanabileceği düşünülürse Tablo 4'teki konsantrasyon değerleri daha da artabilir.

Evsel kökenli materyallerin kontrollü (yeterli sıcaklık, oksijen ve karışım mevcut) veya kontrolsüz şartlarda yakılmaları sırasıyla Tablo 3 ve 4'te özetlenmiştir. Bu değerler, etki süreleri gözönüne alındığında HKKY'ndeki KVS'ler ile kıyaslanabilir. Tablolar (3 ve 4) ile HKKY değerleri arasında bir mukayese gaz kirleticiler için yapıldığında bu oranların CO, NO_x ve SO₂ için sırasıyla 2000, 375 ve 1650 civarlarında olduğu hesaplanabilir. Bu yüksek oranlar, yangın anındaki tehlikenin büyüklüğünü göstermesi açısından önemlidir.

Tablo 3 ve 4 birbiriyle mukayese edildiğinde, CO miktarının kontrolsüz olan yakma şartlarında (Tablo 4) çok büyük değerlere ulaşmış olduğu görülür. Bununla birlikte NO_x değerinde bir azalma sözkonusu olmuştur. CO ve NO_x konsantrasyonlarında görülen bu değişikliklerin başlıca sebebi yangınlardaki (Tablo 4) yanma olayının nispeten düşük sıcaklık ve oksijen şartlarında gerçekleşiyor olmasındandır. Kontrol altında gerçekleşen yakma olayları genellikle fazla hava konsantrasyonu ve 1000 °C veya üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleştirildiğinden, NO'ların oluşumu artarken CO miktarları da azalır. CO ve NO oluşumunun aksine, SO₂ oluşumu S-içeren materyallerin miktarıyla yakından ilgilidir.

Tam yanmanın gerçekleşmediği durumlarda yanmamış katılar ortamı PM halinde terkederler veya kül olarak ortamda kalabilirler. Katı yakıt kullanan tesislerde daha büyük oranlarda PM emisyon değerleri tespit edilmiştir (Tablo 2) Yangın sırasında kötü bir yanma olması ve materyal olarak da katı yakıtların baskın halde bulunması aşırı miktarlarda PM oluşmasına sebep olur (Tablo 3). Tablo 3'teki PM değerleri gözönüne alındığında bu seviyelerin HKKY'nde PM için verilen KVS değerinin 16000 katı kadar olduğu hesaplanabilir. Böyle yüksek konsantrasyonlar insan sağlığı için büyük riskler oluşturur. Yüksek konsantrasyonlardaki PM'ler 4. bölümde değinildiği gibi sağlık problemi oluşturmalarının yanında, görüş mesafesini azaltırlar ve estetik olarak kötü bir durum arzederler (Peavy v.d., 1985).

Yanma sırasında yüksek konsantrasyon oluşumuna etki eden faktörlerden bazıları yanma sıcaklığı, oksijen miktarı ve yakıtın özelliğidir. Bunlardan ilk ikisi hakkında açıklamalar yukarıdaki paragraflarda

yapılmıştır. Faktörlerden sonuncusu olan yakıtın özellikleri, yanmayı olumsuz yönde etkileyebilecek materyallerin oranını, kullanılan yakıtın alt ısı değerini ve yakıtın nem oranını içerir. Kontrollü yanmanın sözkonusu olduğu Tablo 2 ve 3'teki değerler mukayese edildiğinde, yakıtın kalitesi bozulduka CO ve PM konsantrasyonlarının arttığı görüldür. Bu nedenle, yangın şartlarında daha büyük artışların olacağı beklenmelidir.

Standartlar insan sağlığı gözönüne alınarak belirlenir. Yürürlükte olan HKKY'deki değerler, yangın sonrası değerlerle (Tablo 4) mukayese edildiğinde, konsantrasyonlar arasında çok büyük farkların olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu da yangınlardaki fiziksel yanma ve yaralanmaların yanısıra dumandan da önemli ölçüde fizyolojik rahatsızlık ve ölümlerin olabileceğini işaret eder.

7. KAYNAKLAR

- Canter, L.W., 1996 "Environmental Impact Assessment," McGraw-Hill, Inc.,
- Ertürk, F., 1993 "Hava Kirliliğinin Çevre Üzerindeki Etkileri," Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü Kitabında Bölüm, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.
- Finlayson-Pitts, B.J., and Pitts, J.N., 1986 "Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques," John Wiley and Sons.
- Halvorsen, R., ve Ruby, M.G., 1982 "Benefit-Cost Analysis of Air Pollution Control," Lexington, Mass., Lexington Books.
- Hesketh, H.H., 1996 "Air Pollution Control," Technomic Publ. Co.,
- Hewitt, C.N. ve Sturges, W.T., 1993, Global Atmospheric Chemical Change, Elsevier Sci. Pub. Ltd.,
- Hirschler, M.M., 1989 "Fire Hazard and Toxic Potency of the Smoke from Burning Materials," in Combustion Toxicology, Editor: G.E. Hartzell, Technomic Pub. Co.,
- Mackenzie, J. ve El-Ashry, M.T., 1989 Air Pollution's Toll on Forests and Crops, Yale Univ. Press.,

Morikawa, T., Yanai, E., Nishina, T., 1989 "Toxicity Evaluation of Fire Effluent Gases from Experimental Fires in a Building," in Combustion Toxicology, Technomic Pub. Co..

Moroz, J.W. 1996 Air Pollution in Environmental Science and Engineering Editorler, J.G. Henry ve G.W. Heinke, Prentice-Hall, Inc.

Müezzinoğlu, A., 1987 "Hava Kirliliği ve Kontrolu," DEÜ Yayınları.

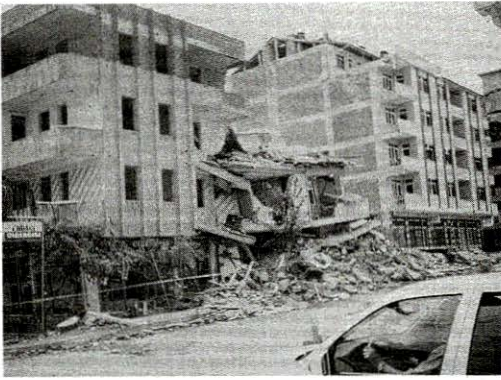
Nevers, N.D., 1995 "Air Pollution Control Engineering," McGraw-Hill Inc..

Peavy, H.S., Rowe, D.R., Tchobangoglous, G., "Environmental Engineering," Editor: Corbitt, R.A., McGraw-Hill Inc., 1985.

Seinfeld, J.H., "Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution," John Wiley and Sons, 1986.

Taşdemir, Y. ve Payan, F., "Bursa'daki Sanayi Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirleticilerinin Karakterizasyonu," Hava Kirl. ve Kont. Ulusal Semp. (İzmir, 27-29 Eylül 1999), s: 264-270.

Tünay, O. ve Alp, K., 1996 "Hava Kirlenmesi Kontrolu," İTO Yayınları.



Aynı yerleşmedeki yapıların farklı hasar görmesi / GÖLCÜK



Zemin kat ve çatı katındaki ağır hasar / BAHÇECİK



Baca ve yapının deprem etkisiyle hasar görmesi / BAHÇECİK



Kısa kolon ve ara katın yok olması / BAHÇECİK



Yapı elemanlarında ağır hasar / GÖLCÜK



Taşıyıcı sistemin tamamen dağılması / BAHÇECİK