SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., c.5, s.3, 2017
Selcuk Univ. J. Eng. Sci. Tech., v.5, n.3, 2017
ISSN: 2147-9364 (Elektronik)

YERALTI LİNYİT KÖMÜR MADENİNDE TERMAL KONFOR ŞARTLARININ İNCELENMESİ

[1]Ali Ekrem ARITAN, [1]Melek TÜMER

[1]Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, AFYONKARAHİSAR
[1] aritan@aku.edu.tr, [1] mlkturmer03@hotmail.com

(Geliş/Received: 06.02.2017; Kabul/Accepted in Revised Form: 28.03.2017)

ÖZ: Yeraltı kömür madenciliğinde termal konfor, iş verimliliğine ve çalışanların sağlığına etki eden önemli bir faktör olmasına rağmen daha az dikkat çekmektedir. Termal konfor, günümüzde yeraltı kömür ocaklarının daha derinlere inmesiyle, artan sıcaklığa bağlı olarak önemini daha da artıracaktır. Bu çalışmada, linyit kömürü üretimi yapan bir yeraltı ocağında termal konfor şartlarına bağlı olarak ocak ortamının çalışanlara zararlı etkileri araştırılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda; çalışma ortamlarının PMV (Predicted Mean Vote) değerleri hesaplanmıştır. Ölçümlerin yürütüldüğü yeraltı ocağında aşırı sıcak ve aşırı soğuk bölgelerin olmadığı görülmüştür. Sonuç olarak termal konforun çalışanların sağlığına zarar vermeyecek düzeyde olması için alınacak tedbirlerden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Yeraltı kömür madenciliği, İş sağlığı ve güvenliği, Termal konfor.*

Investigation of Thermal Comfort Conditions in an Underground Lignite Coal Mine

ABSTRACT: Although thermal comfort in underground coal mining, is a major factor affecting the health of the occupants and the work productivity, it attracts less attention. The idea of thermal comfort will increase its significance today as the underground collieries exploit the deeper reserves depending on the temperature also increasing in parallel with the geothermic gradient.

In the present work, the detrimental effect of the temperature of the mine air on the mine workers depending on the thermal comfort conditions in underground collieries was investigated. The factors influencing the thermal load and the climatic conditions in underground working places were discussed. It was seen that the changes in the mine environment caused by these factors adversely affect the mine workers. The precautions to be taken for the maximum comfort level for the occupants were also mentioned. The rules and the standards to be obeyed when taking the measurements for the thermal comfort were additionally given.

Keywords: *Underground coal mining, Occupational health and safety, Thermal comfort.*

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyadaki hammadde ve enerji ihtiyacının yükselişi, kömür üretiminin artmasına sebep olmuştur. Günümüzde açık ocak kömür madenciliğine uygun rezerv miktarı azalmıştır. Artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla yeraltı kömür madenciliği daha fazla önem kazanmıştır. Aynı derinlikte metal madenciliğine oranla, kömür madenciliğinde maruz kalınan sıcaklık daha fazladır (Güyagüler, 1988).

ASHRAE 55 Standardına göre termal çevreden memnun olma durumuna termal konfor denir. Diğer bir ifade ile termal konfor; çalışanların psikolojik, fizyolojik, kültürel ve sosyal durumlarını olumsuz

DOI: 10.15317/Scitech.2017.96

etkilemeyecek ve çalışanları rahatsız etmeyecek şekilde olmalıdır. İşletmede çalışılan ortamda kullanılan soğutucu ve ısıtıcılar, çalışanların sağlığını olumsuz etkilemeyecek şekilde yapılmalıdır. İşyerinde çalışanların bulunduğu ortamların tümü termal konfor şartlarına uygun olmalıdır (İBEASGÖİY, Yön., 2013).

İnsanın, vücudu ve bulunduğu ortamın ısıl dengede olması gerekir. Isıl dengenin sağlanabilmesi için deri nemliliğinin ve çalışanların vücut sıcaklığının değişkenliğinin az olması gerekmektedir (Ekici, 2013).

Yeraltı linyit ocağında çalışanların termal konforlarının değerlendirilebilmesi için bağıl nem, hava hızı, metabolik oran ve giysi yalıtım katsayısı birlikte değerlendirilmelidir. Üretimdeki verimliliğin sağlanması için gerekliliklerden biride termal konfor şartlarının sağlanmasıdır. Termal konfor sağlanmadığı durumlarda, sakatlanmalar, meslek hastalıkları ve iş kazaları artmaktadır (Ergun, 2007; Güyagüler, 2005).

ILO 2011'de belirtildiği gibi yeraltı linyit ocağında termal konfor için tehlike sebepleri; ısı ve nemin aşırı yüksek ve aşırı düşük olduğu durumlar, çalışanların maruz kaldığı yüksek hava hızı, çalışma esnasında giyilen elbiseler ve yapılan işin yüküdür.

Bu çalışmada, bir yeraltı linyit ocağının 9 farklı çalışma bölgesinde ölçümler alınmış ve standartlara göre termal konfor şartları incelenmiştir.

TANIMLAR (DEFINITIONS)

Termal Konfor Şartları (Thermal Comfort Conditions)

Çalışanların bulunduğu ortamda termal konfor şartlarının ifade edilmesi için 6 faktör kullanılmaktadır. Bunlar; hava hızı, nem, hava sıcaklığı, radyant ısı, metabolik oran ve giysi yalıtımıdır. Bu faktörler zamana bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu sebeple çalışanların ortama uyum sağlamaları gerekeceğinden ölçümlere başlamadan bir saatlik sürenin geçmesi gerekmektedir (İmancı, 2014). Özellikle yeraltı maden ocaklarında termal konforu etkileyen şartlara baktığımızda ısı kaynakları, nem, hava hızı ve kömür ocakları için kendiliğinden yanmanın öne çıktığı görülmektedir.

Yeraltı Maden Ocaklarında Termal Konfor Şartlarını Etkileyen Faktörler (Factors Affecting Thermal Comfort Conditions in Underground Mines)

Isı kaynakları (Heat sources)

Yeraltı linyit kömür ocağındaki ısı yükü, havalandırma sistemi içinde oluşan ısı nakillerinin toplamı olarak tanımlanmaktadır. Isı yükü hesaplanırken linyit ocağının bir bölümü göz önüne alınabilir. İklim şartları ve ısı yüküne sebep olan etkenler; tabaka ve kayaçların hareketi sonucu açığa çıkan ısı, çevre kayaçların ve nakledilen cevherin yaydığı ısı, çalışanların metabolizmasının ve makinelerin yaydığı ısı, patlatmalar esnasında ateşleme yapılırken sebep olan ısı, yeraltı çatlaklarından sızan ısı ve su gelirine bağlı nem artışıdır (Önder ve Saraç, 2003).

Nem (Humidity)

Yeraltı ve yerüstü su kaynakları yeraltı ocakları için önemli tehlikelere sebebiyet vermektedir. Özellikle üretilen maden, kömür ise sorunlar daha büyük olmaktadır. Berkowitz; "Yanma kuru ve nemli kömür ara yüzeylerinde oluşmaktadır. Islanma ile oluşan ısı, ıslanmış yüzey ile doğru orantılıdır ve kömürün nem içeriği kapasitesinin bir fonksiyonudur" ifadesiyle nemin yeraltında yangınlara sebebiyet verdiğini açıkça söylemektedir (Berkowitz, 1979).

Bununla beraber tabii ki ocak içerisindeki havanın fazla nemlenmesi sonucu termal konfor şartları da bozulmaktadır. Çünkü nem miktarının artması ile birlikte ortamda hissedilen sıcaklık artış gösterir.

Hava hızı (Air velocity)

Yeraltı maden ocaklarında havalandırma; doğal ve mekanik havalandırma olmak üzere iki şekilde sağlanır. Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nde (2013), yeraltı ocaklarında hava hızının 0,5-8,0 m/sn arasında olması gerektiği belirtilmektedir. Burada özellikle bilinmesi gereken husus, ocağın hiçbir yerinde durgun havanın oluşmamasını sağlamaktır. Böylece; zararlı gazların uzaklaştırılması, gerekli hava miktarının temini vb. hususlar dikkate alınarak uygun ocak iklimi sağlanmış ve böylece çalışanlar için; uygun termal konfor ortamı sağlanmış olacaktır (MİİSGY, 2013).

Kömürün kendiliğinden yanması (The spontaneous combustion of coal)

Kömür ocaklarında ocak havasında bulunan oksijeninin bir kısmı kömür yüzeyi tarafından absorbe edilir. Bu oksitlenme olayı sonucu CO, CO2 ve ısı açığa çıkar. Açığa çıkan bu ısının havalandırma akımı ile atılmaması veya ısı üretim hızının havalandırma soğutma hızından yüksek olması durumunda, sıcaklık giderek artacak ve çalışanlar için uygun olmayan termal konfor şartları ortaya çıkar (Saltoğlu, 1983).

MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Materyal (Material)

Ölçümleri alınan yeraltı ocağı, tam mekanize sistemle kömür üretimi yapılan bir ocaktır. Ocakta çift tamburlu kesici yükleyici ile üretim yapılmaktadır. Galerilerin açılmasında ise galeri açma makinesi kullanılmaktadır. Tahkimat, su atımı, taban taramaları vb. işlemlerde görev alan personel bedenen çalışmaktadır. Ocakta, CH_4 ve CO problemleri bulunmamaktadır (CH_{4ort}=0,06, CO_{ort}=5 ppm). Ocakta üretilen linyit kömürünün ortalama kalorisi 3000-3500 Kcal/kg civarındadır. Kendiliğinden yanma olayı ocak havalandırmasının yeterli olması ve su gelirinin kontrol altında tutulmasından dolayı yapılan sıcaklık ve CO ölçümlerinde kendiliğinden yanma tespit edilmemiştir.

Yöntem (Method)

Termal konfor ölçümleri; özel problar (sıcaklık, nem ve hava hızı) ile donatılmış DELTA OHM WBGT 32.3 termal konfor ölçüm cihazıyla, 08:00-16:00 vardiyası süresince yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Giysi ısıl direnci ve metabolizma oranı çalışma yeri göz önüne alınarak ASHRAE 55 standardına göre kabul edilmiştir (Çizelge 1, Çizelge 2).

Çizelge 1. Çeşitli Giysi Türleri ve Yalıtım Katsayıları (İmancı, 2014; ANSI - ASHRAE 55 - 2010)

Table 1. *Typical garment clo-value*

Kıyafet Yalıtım Katsayısı, Icl (clo*)	Kıyafet Yalıtım Katsayısı, Icl (clo)
Pantolon, kısa kollu gömlek	0,57
Pantolon, uzun kollu gömlek	0,61
Pantolon, uzun kollu gömlek, ceket	0,96
Diz uzunluğunda etek, kısa kollu gömlek	0,54
Ayak bileği uzunluğunda etek, uzun kollu gömlek, ceket	1,1
Etek / Elbise	0,54-1,10
Şort	0,36
Önlük / Tulum	0,72-1,37
Spor Kıyafetleri	0,74

*1 clo = 0.155 m^2K/W

Çizelge 2. Bazı İşler İçin Metabolizma Oranları (ANSI - ASHRAE 55 - 2010)
Table 2. *Metabolic rates of different activities*

Aktivite	Metabolik Oran (W/m²)	Metabolik Oran (met*)
Yürüme	115-220	2,0-3,8
Aşçılık	95-115	1,6-2,0
Ev temizleme	115-200	2,0-3,4
Makine Kullanılarak Yapılan İşler		
Testere ile yapılan işler	105	1,8
Hafif işler (ör. Elektrik end.)	115-140	2,0-2,4
Ağır işler	235	4,0
Ağır yük kaldırma (50 kg)	235	4,0
Kazma, kırma işleri	235-280	4,0-4,8

1 met = 58,2 W/m²

Yeraltı ocağından alınan ölçümler, TS EN 27243, TS EN ISO 7730 standartları ve ASSHRAE 55'den almış olduğumuz verilerle, Fanger modeline göre değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu modelde, PMV Eşitlik 1'de tanımlanmıştır (Fanger, 1972; TS EN ISO 7730, 2006).

$$PMV = [0{,}303 \times \exp(-0{,}036 \times M) + 0{,}028] \times (M-W) - 3{,}05 \times 10^{-3} \times [5{,}733 - 6{,}99 \times (M-W) - p_a] - 0{,}42 \times [(M-W) - 58{,}15] - 1{,}7 \times 10^{-5} \times M \times (5{,}867 - p_a) - 0{,}0014 \times M\,(34 - t_a) - 3{,}96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl}+273)^4 - (\bar{tr} + 273)^4] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a)$$

Burada, M = metabolik hız (kcal / saat)
A_{Du} = DuBois (vücut yüzey) alanı (m²)
η = mekanik verimlilik
P_a = ortam havasındaki buhar basıncı (mmHg)
t_a = iç ortam hava sıcaklığı (° C)
f_{cl} = giyinmiş gövdenin yüzey alanının, çıplak vücudun yüzey alanına oranı
t_{cl} = giyinmiş vücudun dış yüzeyinin ortalama sıcaklığı (° C)
t_{mrt} = ortalama ışın sıcaklığı (° C)
h_c = konvektif ısı transfer katsayısı (kcal / saat m² ° C).

PMV değerinin yorumlanması Çizelge 3'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; ortamın termal konforunun uygun ya da uygun olmadığından bahsedilebilmektedir (TS EN ISO 7730).

Çizelge 3. Yedi nokta ısıl duyum ölçeği (Fanger, 1967).
Table 3. *Seven-point thermal sensation scale*

PMV	Anlam	Yorum
+3	Aşırı sıcak	Bunaltıcı ve tolere edilemez
+2	Sıcak	Çok sıcak
+1	Hafif sıcak	Tolere edilebilir, sıcak
0	Nötr	Konforlu
-1	Hafif serin	Tolere edilebilir, serin
-2	Serin	Çok serin
-3	Soğuk	Tolere edilemez, soğuk

Ekici'nin 2013'de belirttiği gibi; Fanger metodu aşağıdaki şekilde uygulanmıştır.
1. Hava sıcaklığı, bağıl hava hızı ve bağıl nem değerleri ölçülmüştür.

2. Metabolizma hızı TS EN 27243'den seçilmiştir. Mekanik verim değerleri Fanger'in (1972) verdiği tablodan seçilmiştir.

3. Ortam havasındaki buhar basıncı (p_a); Parsons'un (2005) formülünden hesaplanmıştır (p_a doymuş buhar basıncının bağıl nemle çarpılması ile bulunmaktadır).

4. Kıyafet ısıl direnci değerleri (clo) ASHRAE 55'de bulunan tablolardan seçilmiştir.

5. Kıyafet yüzey sıcaklığı ve hc değeri Fanger'in (1972) oluşturduğu tablodan seçilmiştir.

6. İlk 5 adımda bulunan değerler denklemde yerine konularak PMV değeri elde edilmiştir.

Linyit ocağının termal konfor şartlarının değerlendirilmesinde, ASHRAE 55 standardı temel alınarak oluşturulan, Berkeley Üniversitesi Yapısal Çevre Merkezi tarafından hazırlanan internet arayüzlü termal konfor programı kullanılmıştır.

BULGULAR (RESULTS)

Kömür ocağında, yerinde alınan ölçümler sonucunda hava hızı, çalışma sıcaklığı ve nem değerleri elde edilmiştir. Giysi ısıl direnci ve metabolik oran çalışma yeri göz önüne alınarak ANSI-ASHRAE 55-2010 standardına göre kabul edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Termal konfor ölçüm ve kabul değerleri
Table 4. *Thermal comfort measurement and acceptance values*

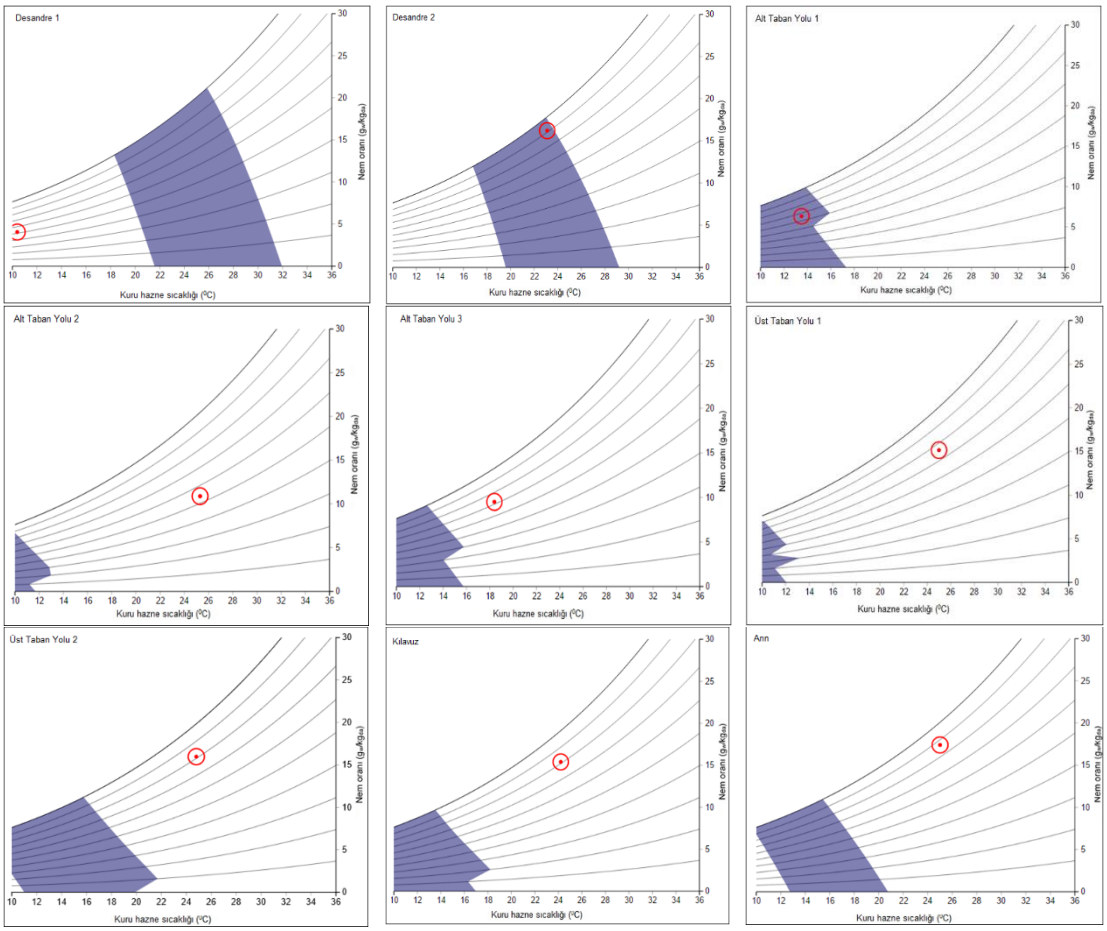
Konum	Hava Hızı (m/sn)	Çalışma Sıcaklığı (ºC)	Nem (%)	Giysi Isıl Direnci Icl (clo)	Metabolik Oran (met)
Desandre 1	1,61	10,4	52	0,96	2,0
Desandre 2	1,79	23,1	91	0,96	2,0
Alt taban yolu 1	0,86	13,5	66	0,96	4,0
Alt taban yolu 2	0,58	25,3	54	0,96	4,0
Alt taban yolu 3	0,79	18,4	72	0,96	4,0
Üst taban yolu 1	0,60	25,0	76	0,96	4,0
Üst taban yolu 2	1,99	24,8	81	0,96	4,0
Kılavuz	1,15	24,2	78	0,96	4,0
Arın	0,57	25,0	87	0,96	4,0

Bu bölgelerin hesaplanan PMV değerlerine ait değerler Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. PMV değerleri
Table 5. *PMV values*

Bölge	PMV
Desandre 1	-1,71
Desandre 2	0,44
Alt Taban Yolu 1	0,30
Alt Taban Yolu 2	2,41
Alt Taban Yolu 3	1,24
Üst Taban Yolu 1	2,59
Üst Taban Yolu 2	2,07
Kılavuz	2,20
Arın	2,07

9 bölgeye ait termal konfor şartları hesaplanmış ve Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Linyit ocağındaki termal konfor grafikleri
Figure 1.*Thermal comfort chart in lignite mines*

Bu sonuçlara göre desandre 2 ve alt taban yolu 1 konforlu bölge içerisine girmektedir. Çalışanlar için desandre 1'de tolere edilebilir serin ve alt taban yolu 3'de tolere edilebilir, sıcak ortam vardır. Alt taban yolu 2, üst taban yolu 1-2, kılavuz ve arında ise çok sıcak bir çalışma ortamı bulunmaktadır ki bu da konforsuz bir çalışma ortamıdır.

SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yeraltı linyit ocağında alınan ölçümler ve yapılan PMV hesaplamaları sonucunda; desandre 1'de alınan verilere bakıldığında ortam sıcaklığının (10,4 ^{0}C) olması PMV değerini eksiye düşürmüştür. Hava hızı ve nem değerlerinin uygun olması ise tolere edilebilir serin bir ortam oluşturmuştur.

Desandre 2'de nem oranının yüksek olmasına rağmen, hava sıcaklığı ve hava hızının termal konfor şartları için uygun aralıkta olması nedeniyle PMV değeri 0,44 bulunmuştur. Bu da Şekil 1'de görüldüğü üzere termal konfor bölgesi içinde kalınmasına olanak sağlamıştır.

Alt taban yolu 1'de ortam sıcaklığının düşük olmasına rağmen diğer şartların uygun olması ve çalışan insan vücudunun serin havayı tolere edebilmesi dolayısıyla PMV 0,30 çıkmış ve termal konfor bölgesi içinde kalınmasını sağlamıştır.

Alt taban yolu 2'de sıcaklığın alt taban yolu 1'den yüksek olması ve hava hızının ise düşük olması ile ortam konforsuz bölgeye girmektedir. Alt taban yolu 2'de oluşan, taban kabarmaları ve kesitin bozulması da etkenlerdendir.

Alt taban yolu 3'de ise, sıcaklığın düşmesi, nemin artması ve alt taban yolu 2'ye göre nispeten hava hızının da artması ile tolere edilebilir serin bir ortam oluşmasına sebep olmuştur. Bu ise konforlu sayılabilecek bir ortamdır.

Üst taban yolu 1'de nem ve sıcaklığın normal değerlerde olmasına rağmen hava hızının düşük olması ortamın termal konfor sınırlarının dışına çıkmasına sebep olmuştur.

Üst taban yolu 2, hava hızı ve sıcaklığın normal ama nemin %80'in üzerine çıkması ile termal konfor şartları sağlanamamaktadır.

Kılavuz galerisinde ise; nemin kritik seviyeye yaklaşması ile Fanger'in vermiş olduğu çizelgede de görüleceği üzere çok sıcak ortam oluşmuştur. Bu da çalışanlar için tolere edilemeyecek seviyede konforsuz bir alan demektir.

Arında beklendiği üzere, çalışan tamburlu kesicinin püskürtmüş olduğu suyun etkisi ile ortamda nem oranı %87'ye çıkmıştır. Sıcaklığın normal bir seviyede olmasına rağmen, hava hızının da yeraltında müsaade edilen en düşük hız olan 0,5 m/sn'ye yaklaşması ile kılavuz galerisinde olduğu gibi çok sıcak bir ortam oluşmuştur.

Bu çalışma bize, sadece sıcaklık değerlerinin ölçülmesinin çalışılan ortamın termal konforuna karar verilmesinde hatalı olacağını göstermiştir. Sıcaklıkla beraber, hava hızı, nem, metabolik oran ve giysi ısıl dirençlerinin de hesaba katılması gerektiğini göstermektedir.

Ocakta termal konfor açısından problemli bölgelerde, nem ve hava hızı sorununun olduğu görülmektedir. Esasında ocak içerisinde hiçbir bölgede yönetmelikte bildirilen 0,5-8,0 m/sn hava hızı aralığının dışına çıkılmamaktadır (MİİSGY, 2013). Buna rağmen alt taban yolu 2, üst taban yolu 1 ve arında hava hızlarının 0,5 m/sn limitine yaklaşmasından dolayı ortamda termal konfordan bahsedilememektedir. Bu bölgelerde ek havalandırma sistemleri (vantüp vb) konularak sorun çözülebileceği düşünülmektedir. Ayrıca çalışanların metabolik oranlarını düşürerek de (iş yükünü azaltmak vb.) sorun aşılabilir.

Nem problemi, su gelirinin fazla olduğu, kılavuz galerisi ve arında kullanılan makinelerin püskürtmüş oldukları suyun havada nem oranını yükseltmesi sonucu oluşmuştur. Bu bölgelerde çalışanlara gerekli olan kişisel koruyucu donanımlar verilerek sorunun aşılabileceği düşünülmektedir.

Ocakta çalışanlar tarafından kullanılan kıyafetlerin giysi ısıl direnci 0,96 clo'dur. Termal konforun sağlanamadığı, sıcak bölgelerde, giysi ısıl direnci 0,61 clo olan iş kıyafetleri tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

ASHRAE, ANSI/AHSRAE Standard 55-2010, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE Publications.

Berkowitz, N., 1979, *An Introduction to Coal Technology*, Academic Press Inc., New York.

Ekici, C., 2013, "PMV Metodu ile Isıl Konfor Ölçümü ve Hesaplanması", *VIII. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi*, Kocaeli, 1-5, 26-28 Eylül 2013.

Ergun, A.R., 2007, *Yeraltı Maden İşletmelerinde Gaz ve Toz Patlamaları ve Önlemler*, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.

Fanger, P. O., 1967, "Calculation of Thermal Comfort: Introduction of a Basic Comfort Equation", *ASHRAE Transactions*, 73 (2), 1-20.

Fanger, P. O., 1972, *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*, McGraw-Hill, New York.

Güyagüler, T., "Yeraltı Kömür Ocaklarında Yüksek Sıcaklık ve Rutubet Sorunu", *Türkiye 6. Kömür Kongresi*, Zonguldak, 133-141, 23-27 Mayıs 1988.

Güyagüler, T., 2005, *Occupational Health & Safety*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

ILO, 2011, Safety and Health in Underground Coal Mines, ILO, Cenevre.

İmancı, C., 2014, *Döküm Atölyelerinde Termal Konfor Şartlarının İncelenmesi*, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.

İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik, 2013, 28710 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, 2013, 28770 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Önder, M. ve Saraç, S., 2003, "Yeraltı Ocaklarındaki İklimsel Koşulların Önceden Belirlenmesi", *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt. 5, 137-146.

Parsons, K. C., 2005, *Human Thermal Environments*, Taylor & Francis, New York.

Saltoğlu, S., 1983, *Madenlerde Havalandırma ve Emniyet İşleri*, İTÜ Maden Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul.

TS EN 27243, 2002, Sıcak Ortamlar - WBGT (Yaş - Hazne Küre Sıcaklığı) İndeksine Göre Isının Çalışan Üzerindeki Baskısının Tahmini, Ankara.

TS EN ISO 7730, 2006, Termal Çevrenin Ergonomisi – Analitik Termal Konforun Belirlenmesi ve Yorumlanması PMV ve PPD Endekslerinin Hesaplanması ve Yerel Termal Konfor Kriterleri, Ankara.

Berkeley University. Thermal Comfort Tool. Center for the Built Environment. www.smap.cbe.berkeley.edu/comforttool, ziyaret tarihi: 09 Ocak 2017.