

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Yıl: 2022
Sayı:34

CİLT II
SOMA

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Sahibi:

Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Yönetim Kurulu Adına
MCBÜ Soma MYO

Editörler:

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Öğr. Gör. Fırat TEKİN

Yayın Kurulu:

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ
Prof. Dr. Ayşe ÖNDÜRÜCÜ
Prof. Dr. Mete HANÇER
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Berkant
SELEK Öğr. Gör. Fırat TEKİN

Sekreter:

Dr. Öğr. Gör. Mustafa Oğuz Nalbant

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma MYO Teknik Bilimler
Dergisi yılda iki sayı olarak yayımlanan ulusal hakemli bir dergidir.**

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

BU SAYIDAKİ HAKEM KURULU:

Doç. Dr. Ali YURDDAŞ
Doç. Dr. Haluk ERGEZER
Doç. Dr. İbrahim ÇINAR
Doç. Dr. Nazlı YEYİNLİ
Doç. Dr. Tansel KOYUN
Dr. Öğr. Üyesi Adem ÖZÇELİK
Dr. Öğr. Üyesi Saim KURAL
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Feride OLCAY

Dergide yayınlanan tüm makaleler ve ileri sürülen görüşlerde, sorumluluk yazar ve hakemlere aittir.

İletişim Adresi:

Fırat TEKİN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Soma Meslek Yüksekokulu, Soma-Manisa /TÜRKİYE
Tel: 0 236 612 00 63
Fax: 0 236 612 20 02
e-mail: somamyo-dergi@cbu.edu.tr
firat.tekin@cbu.edu.tr

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

İÇİNDEKİLER

1- FARKLI KARBON ESASLI POLİPROPİLEN NANOKOMPOZİTLERİN EFEKTİF ISI İLETİM KATSAYILARININ FARKLI MODELLERLE HESAPLANMASI	
Ela KATI SUNAY, Süleyman Görkem CANKARA	1-12
2- TOZLU ÇALIŞMALARDA MESLEK HASTALIKLARI VE TOZLA MÜCADELE	
Zeyneb KAHRAMAN , Keriman YÜRÜTEN ÖZDEMİR	13-29
3- ET VE ET ÜRÜNLERİNDE TERMAL OLMAYAN TEKNİKLER	
Berna CAPAN, Aytunga BAĞDATLI	30-38
4- HAREKETLİ YÜZEYLER ARASINDA KULLANILAN YAĞLARIN ISI TRANSFERİ	
Murat KAYA, Şükrü KAYA	39-45
5- Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi Yazım Kuralları.....	46-47

FARKLI KARBON ESASLI POLİPROPİLEN NANOKOMPOZİTLERİN EFEKTİF ISI İLETİM KATSAYILARININ FARKLI MODELLERLE HESAPLANMASI

Ela KATI SUNAY¹, Süleyman Görkem CANKARA²

Accepted: 2022-09-07

DOI: 10.47118/somatbd.1142088

ÖZET

Çalışmamızda; karbon esaslı (grafen katkı, çok duvarlı karbon nanotüp katkı ve iki farklı konsantrasyonda grafit katkı) dört farklı polipropilen (PP) kompozit malzemenin efektif ısı iletim katsayılarının belirlenmesine yönelik teorik modeller ve hesaplama yaklaşımları incelenmiştir. Öncelikle polipropilen kompozit malzemelere uygun olan ve uygun olabileceği düşünülen efektif ısı iletim katsayısı modelleri seçilmiştir. Seçilen modeller için gerekli olan temel veriler bulunarak efektif ısı iletim katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablolar halinde listelenerek yorumlanmıştır. Yapılan çalışmada; polipropilen kompozitler için hesaplanan efektif ısı iletim katsayısı modellerinden Seri Model, Geometrik Ortalama Modeli, Maxwell Modeli 1, Jeffrey Modeli ve Sheldon ve Chawla Modeli'nin hem birbirlerine hem de dolgu malzemesi olan polipropilene yakın değerler verdiği görülmüştür. Dört farklı polipropilen kompozitin hepsinde de Russel Modeli ve Babanov Modelinin birbirleri ile aynı değerleri verdiği görülmüştür. Deneme amacıyla seçilen Maxwell-Eucken modeli 2, Levy modeli, Efektif ortam modeli, Hill modeli ve Bauer modelinin ise hem aynı kompozitte diğer modellere göre farklı değerler verdiği hem de her kompozitte aynı model için farklı değerler verdikleri görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Polipropilen, grafit, grafen, çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT), efektif ısı iletim katsayısı, kompozit malzeme.

CALCULATION OF THE EFFECTIVE THERMAL CONDUCTIVITIES OF DIFFERENT CARBON-BASED POLYPROPYLENE NANOCOMPOSITES WITH DIFFERENT MODELS

ABSTRACT

In this research; theoretical models and calculation approaches for the determination of the effective heat transfer coefficients of four different carbon-based polypropylene (PP) composite materials (graphene doped, multi-walled carbon nanotube doped and graphite doped at two different concentrations) are investigated. First of all, effective thermal conductivity models that are suitable for polypropylene composite materials and which are thought to be suitable have been selected. The effective thermal conductivities were calculated by finding the basic data required for the selected models. The obtained results are listed in tables and interpreted. In the study; it has been observed that the Serial Model, Geometric Average Model, Maxwell Model 1, Jeffrey Model and Sheldon and Chawla Model, which are the thermal conductivity models

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi Müh. Fak. Mak. Müh. Böl., Isparta/TÜRKİYE.

² Burdur İl Özel İdaresi, Burdur/TÜRKİYE.

calculated for polypropylene composites, give values close to each other and to the polypropylene filling material. It was determined that the Russel Model and the Babanov Model produced the same results in all four different polypropylene composites. It was seen that Maxwell-Eucken model 2, Levy model, Effective environment model, Hill model and Bauer model, which were selected for trial purposes, both gave different values in the same composite compared to other models and gave different values for the same model in each composite.

Keywords: Polypropylene, graphite, graphene, multi-wall carbon nanotube(MWCNT), effective thermal conductivity, composite material.

1. GİRİŞ

Sanayileşmenin ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte insanoğlunun malzeme ihtiyacı da giderek artmaktadır. Bu nedenle kullanışlı ve avantajlı malzeme bulma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. İki veya daha fazla farklı malzemenin makro seviyede yani birbiri içerisinde çözünmeyecek şekilde birleşmesi ile oluşturulan malzemelere kompozit malzemeler denir. Kompozit malzemelerin bileşenleri, birleşerek tek başlarına sahip olmadıkları üstün özellikleri sergilemektedir [1]. Polipropilen; otomotiv sektörü başta olmak üzere, uçak-uzay sanayisi, elektrik-elektronik sanayisi, denizcilik ve spor ekipmanları, tekstil ürünleri, yiyecek paketlenme, ambalaj ve etiketleme, alt yapı ve inşaat sektöründe kullanılan boru ve ek parçaları, kırtasiye ürünleri, plastik parçalar, yeniden kullanılabilir kap çeşitleri, laboratuvar ekipmanları vb. gibi teknolojinin hemen hemen her alanında kullanımı olan termoplastik bir polimerdir. Her endüstriyel sektör, farklı özelliklere sahip polipropilen malzemeler talep etmektedir. Polipropilen kompozitlerin içerisindeki katkı malzemesi ve miktarı, mekanik ve ısı özellikleri değiştirmektedir. Kullanım alanına bağlı olarak polipropilen matris içerisine; grafit, grafen, karbon nanotüp, karbon fiber, metal ve metal oksitler gibi katkı malzemeleri eklenebilmektedir. Çalışmamızda polipropilene eklenen karbon esasları; grafit, grafen ve çok duvarlı karbon nanotüptür. Belirlenen karbon esasları, karbonun birbirine farklı şekillerde bağlanması sonucu oluşmuştur ve birbirlerine göre farklı özellikler göstermektedirler. Grafitin yapısı altıgen karbon atom halkaları ile oluşmuş katmanlı bir yapıdır. Grafenin yapısı tek bir karbon atomu kalınlığındaki grafit katmanlarına denilmektedir. Karbon nanotüpleri ise karbon atomları altıgen şekilde bağlyken bu yapıya grafen ilave edilmesi ile elde edilir. Bu yapılar grafitin kimyasal ve fiziksel işlemler sonucunda karbon nanotüpe veya grafene dönüşmesiyle meydana gelir [2].

Kumlutaş [3]; alüminyum ya da kalay ilave edilmiş yüksek yoğunluklu polietilen kompozitlerin efektif ısı iletim katsayısını dolgu malzemesi konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak araştırdığı çalışmada, partikül katkılı kompozitlerin ısı iletkenliğini bu kompozitlerin mikro görüntülerinden yararlanarak nümerik olarak hesaplamıştır.

Nalçacı [4] çalışmada; yüksek yoğunluklu polietilene değişik hacimsel oranlarda katılan alüminyum ve çinko metal tozlarının, tek tek ve birlikte kullanılmalarının kompozitin ısı özelliklerine olan etkisini araştırarak, değişik hacimsel konsantrasyonlar için ANYSY sonlu elemanlar paket programında üç boyutlu termal analiz gerçekleştirildiğinde; matris malzemeye ilave edilen alüminyumun, ısı iletim katsayısını en çok etkileyen metal katkı maddesi olduğunu kanıtlamıştır.

Yüksel ve Avcı [5] yapmış oldukları çalışmada; gözenekli maddelerin efektif ısı iletkenliğinin modellenmesine ve tahminine yönelik literatürdeki mevcut çalışmaları incelemişlerdir. Bu doğrultuda; paralel, seri, geometrik ortalama, maxwell, nielsen, halphin-tsai,

levy, efektif ortam teori, krischer yaklaşımı ve russell modellerini inceleyerek bu modellerin uygulamasını anlatmışlardır.

Karaağaç vd. [6], yapmış oldukları çalışmada, kompozit ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayısının belirlenmesine yönelik teorik modeller ve hesaplama yaklaşımlarını irdelemişlerdir. Teorik modellerin kullanılabilirlik alanlarını ve sınırlarını analiz etmişlerdir. Çalışmalarında paralel, seri, geometrik ortalama, maxwell, nielsen, halphin-tsai, levy, efektif ortam teori, krischer yaklaşımı, russell, cheng ve vachon teorisi, agari ve uno modellerini kullanmışlardır. Kompozit ısı yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı tespiti için kullanılan seri, paralel, geometrik ve maxwell modellerin çözümlerine göre yapıda gözeneklilik arttıkça kompozit ısı yalıtım malzemesinin efektif ısı iletim katsayısının düştüğünü gözlemlemişlerdir.

Pehlivanlı [7], çalışmasında bilhassa yalıtım özellik önemiyetinin olduğu alanlarda kullanılacak polipropilenin ısı iletkenliği düşürülerek enerji ve yalıtım tasarrufuna ek katkı sağlamayı amaçlamıştır. Bunun için polipropilene düşük ısı iletkenliğe sahip parçacık şeklinde borik asit ekleyerek kompozit malzemeler üretmiştir. Çift vidalı ekstruderle hazırlığı kompozit karışımları ardından plastik enjeksiyon yöntemi yardımıyla kalıplayarak deney numunelerini üretmiştir. Ürettiği numunelerden deneysel ölçüm yolu ile elde ettiği ısı iletim değeri sonuçlarını kaynaklardaki efektif ısı iletim modelleriyle karşılaştırmıştır. Karşılaştırmada seri, paralel, geometrik, maxwell-eucken ve russell efektif ısı iletkenlik modellerini kullanmıştır.

Literatürde; ısı iletkenlik açısından polipropilen kompozite katılan grafit, grafen ve çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) ile ilgili fazla çalışma yoktur. Yapmış olduğumuz çalışma bu açıdan diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Bu doğrultuda; dört farklı gruptan oluşan farklı karbon bileşenlerine sahip polipropilen (PP) kompozitlerin ısı iletim katsayıları, ‘efektif ısı iletim katsayısı modelleri’ kullanılarak hesaplanmıştır. Efektif ısı iletim katsayısı modelleri kullanılarak hesaplanan ısı iletim katsayısı değerleri tablolarda verilerek kendi içlerinde değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmamızda kullandığımız polipropilen (PP) kompozitlerin yüzdelik karışım değerleri; Kaya [2] tarafından yapılmış olan yüksek lisans tezinde kullanılan numunelerden alınmıştır. Böylece otomotiv sektöründe kullanılması planlanarak; mekanik özellik çalışmaları yapılmış olan numunelerin ısı özellik çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapmış olduğumuz çalışmada; %0.1 çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) katkılı, %0.01 grafen katkılı, %0.1 grafit katkılı ve %1 grafit katkılı dört farklı polipropilen (PP) kompozit malzemenin ısı iletim katsayıları ‘efektif ısı iletim katsayısı modelleri’ kullanılarak hesaplanmıştır. Bu kompozitlerdeki karışımlar 1 kilogram polipropilen içerisine belirlenen ağırlık oranlarındaki takviye elemanları ilave edilerek oluşturulmuştur.

Efektif ısı iletim katsayısı hesaplamaları için kullanılan yoğunluklar Tablo 1’de [2], ısı iletim katsayıları ise Tablo 2’de [7, 8] verilmiştir.

Tablo 1. Kompozit numunelerdeki bileşenlerin yoğunlukları

Malzeme	Polipropilen	MWCNT	Grafen	Grafit
Yoğunluk (Kg/m ³)	946	2100	2266	2266

Tablo 2. Isı iletim katsayıları

Malzeme	Polipropilen	MWCNT	Grafen	Grafit
Isı iletim katsayısı (W/mK)	0.106	3000	2000	470

2.1. Efektif Isı İletim Katsayısı Modellerinde Kullanılan Hacim Ve Hacimsel Oranların Hesaplanması

Polipropilen ve katkı malzemeleri olan grafen, grafit ve çok duvarlı karbon nanotüpün literatürdeki yoğunluklarından yola çıkarak oran orantı yapılmak suretiyle 1 Kg polipropilen, 10 gr grafit, 1 gr grafit, 0.1 gr grafen ve 1 gr MWCNT'ün hacimleri bulunmuştur. Daha sonra bulunan hacimler kullanılarak hacimsel oranlara geçilmiştir. Bu işlem yapılırken 1 kg polipropilen ve içine eklenen katkı malzemesinin hacmi toplanarak toplam hacim bulunmuştur. Toplanarak bulunan bu hacim %100 olarak alınmış ve katkı malzemesinin hacmi ile oran orantıya tabi tutularak hacimsel oranlar elde edilmiştir. Bulunan bu hacim oranları efektif ısı iletim katsayısı modellerinde kullanılmıştır.

2.2. Çalışmada Kullanılan Efektif Isı İletim Katsayısı Modelleri

Efektif ısı iletim katsayılarını belirlemek için; Seri ve Paralel Modeller, Geometrik Ortalama Modeli, Maxwell Modeli 1, Maxwell-Eucken Modeli 2, Levy Modeli, Efektif Ortam Teori (EMT) Modeli, Krischer Yaklaşımı, Russel Modeli, Cheng ve Vachon Teorik Modeli, Hill Modeli, Jeffrey Modeli, Bauer Modeli, Babanov Modeli, Singh ve Ark Modeli ve son olarak Sheldon ve Chawla Modelleri seçilmiştir. Bu modellerin seçilmesindeki amaç, çalışmamız kapsamında kullandığımız farklı karbon esaslı polipropilen nanokompozitlerin gözenekli malzemeler olmasıdır. Buradaki gözeneklilikten kastedilen polipropilen içinde çözünmeyen farklı karbon esaslarıdır.

Levy Modeli, Maxwell-Eucken Modeli-2, Efektif Ortam Teori Modeli, Hill Modeli, Jeffrey Modeli ve Bauer Modeli deneme amaçlı seçilmiş olup karışımların efektif ısı iletim katsayısını bulmada diğer modellerden elde edilen sonuçlarla aralarındaki uyuma bakılmıştır. Seri model ve paralel model iki bileşenli malzemeler için en yalın modellerdir. İki bileşenli malzemelerde ısı akısı doğrultusuna dik ve paralel hazırlanmış, iletim yoluyla ısı aktarımı sistemine özen gösterilerek seri ve paralel model yapılandırılmaktadır [9]. Geometrik ortalama modeli, gözenekli iki bileşenli bir malzemenin efektif ısı iletkenliğini, bileşenlerin sahip olduğu ısı iletkenliği ve hacim oranları ile ilişkili ağırlıklı geometrik ortalamasını kullanarak hesaplamaktadır [6]. Maxwell modeli, dağılı fazların bir biri ile bağlantılı olmadığı bir yaklaşımdır. Maxwell modeline bakılırsa dağılı fazların hiçbir zaman sürekli iletim yolları kurmadığı anlaşılmaktadır. Maxwell modeli, seyrek fazlar için ortalama alan yaklaşımı olarak tanınmaktadır ve dolgu fazlarının düşük dağılımlı olduğu durumlarda efektif ısıl iletkenlik için çok iyi sonuçlar vermektedir [6]. Maxwell – Eucken 1 modeli izotropik dış gözenekli malzemelerin alt sınırını belirtirken; Maxwell–Eucken 2 modeli izotropik iç gözenekli malzemelerin üst sınırını belirlenmiştir [11]. Levy Modeli, sürekli ve dağılı fazlar arasında simetri olmasını sağlamak maksadıyla Maxwell-Eucken modeline dayalı bir model ortaya koymuştur [6]. Efektif Ortam Teori Modeli, sürekli veya dağılı faz rastgele dağıtılmış şekilde olan heterojen bir malzemeyi göstermektedir [12]. Krischer yaklaşımında, kompleks yapı basit yapıların karışımı olarak ele alınmaktadır. Krischer yaklaşımında basit yapıların ampirik olarak tanımlanmış bağıl miktarları karışımın ısıl iletkenliği belirlemektedir [6]. Russel modelinde, sürekli ortamda aynı boyutlarda dağılı izole küplerin var olduğu düşünülmektedir. Elektrik

analojisi yardımıyla oluşturulan russel modeli, matris malzeme içerisinde dağılı olan aynı boyutlarda izole küpler halindeki fazların var olduğuna dayanmaktadır [13]. Cheng ve Vachon, parabolik dağılıma sahip ilave malzemenin sürekli olmayan bir faz olduğunu kabul etmektedir. İki çeşit kompozit malzeme de, ilave malzemesinin hacimsel oranına bağlantılı olarak kapalı formda anlatılmaktadır [14].

Çalışma kapsamında kullanılan polipropilen nanokompozitler için seçilen efektif ısı iletim katsayısı modelleri aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Seri ve paralel modeller [9]:

$$k_{e(\text{seri})} = [(V_d/k_d) + (\varepsilon/k_s)]^{-1}$$

$$k_{e(\text{paralel})} = (V_d * k_d) + (\varepsilon * k_s)$$

Burada k_e efektif ısı iletim katsayısını, k_d dolgu fazının ısı iletim katsayısını, k_s sürekli fazın ısı iletim katsayısını, ε sürekli fazın hacim oranını, V_d dolgu fazının hacim oranını ($1 - \varepsilon$) ifade etmektedir.

Geometrik ortalama modeli [6]:

$$k_{e(\text{Geometrik ortalama modeli})} = (k_s)^\varepsilon (k_d)^{(1-\varepsilon)}$$

Maxwell modeli [10]:

$$k_{e(\text{maxwell})} = k_s \left[\frac{2k_s + k_d - 2(k_s - k_d) \cdot V_d}{2k_s + k_d + (k_s - k_d) \cdot V_d} \right]$$

Maxwell-Eucken Modeli 2 [11]:

$$k_{e(\text{maxwell-eucken 2})} = k_d \left[\frac{2k_d + k_s - 2(k_d - k_s) \cdot \varepsilon}{2k_s + k_d + (k_s - k_d) \cdot V_d} \right]$$

Levy modeli [6]:

$$k_{e(\text{levy})} = k_d \left[\frac{2k_d + k_s - 2(k_d - k_s) \cdot F}{2k_d + k_s + (k_d - k_s) \cdot F} \right]$$

$$F = \frac{\left[(2/G) - 1 + 2V_d - \sqrt{\left(\left(\frac{2}{G} \right) - 1 + 2V_d \right)^2 - \left(\frac{8V_d}{G} \right)} \right]}{2}$$

$$G = \frac{(k_d - k_s)^2}{(k_d + k_s)^2 + (k_d k_s / 2)}$$

Levy modelinde F dağılım faktörü/oranı veya ampriksel parametre, G ise ısı iletkenliklere bağlı parametredir.

Efektif Ortam Teori Modeli (iki bileşenli kompozit için) [12]:

$$k_{e(\text{efektif ortam teorisi})} = \frac{1}{4 \left[(3\varepsilon - 1)k_s + (3(1 - \varepsilon) - 1)k_d + \sqrt{[(3\varepsilon - 1)k_s + (3(1 - \varepsilon) - 1)k_d]^2 + 8k_s k_d} \right]}$$

Krischer yaklaşımında [6]:

$$k_{e(\text{krischer yaklaşımı})} = \left[\left(\frac{1 - F}{k_{\text{paralel}}} \right) + \left(\frac{F}{k_{\text{seri}}} \right) \right]^{-1}$$

Russel modeli [13]:

$$k_{e(\text{russel})} = k_s \left[\frac{V_d^{2/3} + (k_s/k_d)(1 - V_d^{2/3})}{V_d^{2/3} - V_d + (k_s/k_d)(1 - V_d^{2/3} + V_d)} \right]$$

Cheng ve Vachon [14]:

$$k_s > k_d \rightarrow \frac{1}{k_e} = \frac{2}{\sqrt{C_2(k_d - k_s)[k_s + C_1(k_d - k_s)]}} \tan^{-1} \frac{C_1}{2} \sqrt{\frac{C_2(k_d - k_s)}{k_s + C_1(k_d - k_s)}} + \frac{1 - C_1}{k_s}$$

$$k_d > k_s \rightarrow \frac{1}{k_e}$$

$$= \frac{2}{\sqrt{C_2(k_d - k_s)[k_s + C_1(k_d - k_s)]}} \ln \frac{(\sqrt{k_s + C_1(k_d - k_s)} + \frac{C_1}{2} \sqrt{C_2(k_d - k_s)})}{\sqrt{(k_s + C_1(k_d - k_s)) - \frac{C_1}{2} \sqrt{C_2(k_d - k_s)}}} + \frac{1 - C_1}{k_s}$$

$$C_1 = \sqrt{(3V_d)/2} \text{ ve } C_2 = -4\sqrt{2/(3V_d)}$$

Cheng ve Vachon denklemlerindeki C_1 ve C_2 bileşene göre değişebilen parametrelerdir.

Hill modeli [15]:

$$k_{e(\text{hill})} = k_d(2F - F^2) + k_s(1 - 4F + 3F^2) + \frac{8k_d k_s (F - F^2)}{k_d F + k_s (4 - F)}$$

$$F = 2 - \sqrt{4 - 2V_d}$$

Jeffrey modeli [16]:

$$\frac{k_{e(\text{jeffrey})}}{k_s} = 1 + 3\beta V_d + \left(3\beta^2 + \frac{3\beta^2}{4} + \frac{9\beta^2}{16} + \frac{\alpha + 2}{2\alpha + 3} \right) V_d^2$$

$$\beta = \frac{(\alpha - 1)}{(\alpha + 1)} \text{ ve } \alpha = \frac{k_d}{k_s}$$

Jeffrey modelinde, β indirgenmiş ısıl parametre (faz dağılımının bağıl eğilimi) ve α ise dolgu fazının ısı iletkenliğinin sürekli fazın ısı iletkenliğine oranıdır.

Bauer modeli [17]:

$$\frac{k_{e(\text{bauer})}}{k_s} = \alpha V_d^{\frac{3}{2}} \quad \left(\alpha = \frac{k_d}{k_s} \right)$$

Babanov modeli [18]:

$$k_{e(\text{babanov})} = \frac{k_s (k_s + V_d^{2/3} (k_d - k_s))}{(k_s + V_d^{2/3} (k_d - k_s) (1 - V_d^{1/3}))}$$

Singh ve ark. modeli [5]:

$$k_{e(\text{singh ve ark})} = \frac{k_s (k_s + 0,806 V_d^{2/3} (k_s - k_d))}{(k_s + 0,806 V_d^{2/3} (k_s - k_d) (1 - 1,2407 V_d^{1/3}))}$$

Sheldon ve Chawla modeli [19]:

$$\log k_{e(\text{sheldon ve chawla})} = V_d \log k_d + V_s \log k_s$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Efektif ısı iletim katsayısı model hesaplamalarında kullanılan hacimler Tablo 3'te, hacim oranları ise Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Hesaplamalarda kullanılan hacimler

Bileşen	Bileşenin ağırlığı (kg)	Hacim (m ³)
Saf Polipropilen	1	1.0571x10 ⁻³
Grafen	0.0001	4.4131x10 ⁻⁸
Grafit	0.001	4.4131x10 ⁻⁷
Grafit	0.01	4.4131x10 ⁻⁶
MWCNT	0.001	4.7619x10 ⁻⁷

Tablo 4. Hesaplamalarda kullanılan hacimsel oranlar

Kompozit	Toplam hacim (m ³)	ε	V _d
Saf Polipropilen (PP) (1kg)	1.0571x10 ⁻³	-	-
PP+0.1 gr Grafen (%0.01 grafen katkı PP)	1.057144131x10 ⁻³	0.999958	0.000042
PP+1 gr Grafit (%0.1 grafit katkı PP)	1.05754131x10 ⁻³	0.999583	0.000417
PP+10 gr Grafit (%1 grafit katkı PP)	1.0615131x10 ⁻³	0.995843	0.004157
PP+1 gr MWCNT (%0.1 MWCNT katkı PP)	1.05757619x10 ⁻³	0.99955	0.00045

Efektif ısı iletim katsayısı modelleri Tablo 2 ve Tablo 4'deki veriler kullanılarak çözümlenmiştir. Polipropilen kompozitler için aşağıdaki efektif ısı iletim katsayıları bulunmuştur.

Tablo 5. %0.01 grafen katkılı polipropilenin efektif ısı iletim katsayıları

Efektif ısı iletim modeli		Efektif ısı iletim katsayısı (k_e)(W/mK)
Seri Model		0.106004452
Paralel Model		0.189995548
Geometrik Ortalama Modeli		0.10604384
Maxwell Modeli 1		0.1060133545
Maxwell-Eucken Modeli 2		0.4859599936
Levy Modeli		1999.748091
Efektif Ortam Teori (EMT) Modeli		0.5895483609
Krischer Yaklaşımı	F=0.24	0.1596385889
	F=0.25	0.158582842
	F=0.5	0.136083607
	F=0.75	0.11917538
Russel Modeli		0.1096513384
Cheng ve Vachon Teorik Modeli		0.1068116529
Hill Modeli		0.266418973
Jeffrey Modeli		0.1060133555
Bauer Modeli		$5.443822187 \times 10^{-4}$
Babanov Modeli		0.1096513384
Singh ve Ark. Modeli		0.1110656309
Sheldon ve Chawla Modeli		0.10604384

Tablo 6. %0.1 grafit katkılı polipropilenin efektif ısı iletim katsayıları

Efektif ısı iletim modeli		Efektif ısı iletim katsayısı (k_e)(W/mK)
Seri Model		0.1060442105
Paralel Model		0.301945798
Geometrik Ortalama Modeli		0.1063718169
Maxwell Modeli 1		0.1061325716
Maxwell-Eucken Modeli 2		0.7098673484
Levy Modeli		469.4130694
Efektif Ortam Teori (EMT) Modeli		0.5888855228
Krischer Yaklaşımı	F=0.25	0.20655196
	F=0.43	0.1682745701
	F=0.5	0.156962685
	F=0.75	0.126574506
Russel Modeli		0.1142004902
Cheng ve Vachon Teorik Modeli		0.1085665459
Hill Modeli		0.4610681407

Jeffrey Modeli	0.1061327174
Bauer Modeli	$4.002229054 \times 10^{-3}$
Babanov Modeli	0.1142004902
Singh ve Ark. Modeli	0.1174627136
Sheldon ve Chawla Modeli	0.1063718169

Tablo 7. %1 grafit katkılı polipropilenin efektif ısı iletim katsayıları

Efektif ısı iletim modeli		Efektif ısı iletim katsayısı (k_e)(W/mK)
Seri Model		0.1064423812
Paralel Model		2.059349358
Geometrik Ortalama Modeli		0.1097654291
Maxwell Modeli 1		0.1073265427
Maxwell-Eucken Modeli 2		4.240409428
Levy Modeli		464.1707986
Efektif Ortam Teori (EMT) Modeli		0.5822744722
Krischer Yaklaşımı	F=0.25	0.368611787
	F=0.5	0.202422093
	F=0.64	0.1616173335
	F=0.75	0.139519377
Russel Modeli		0.1261003345
Cheng ve Vachon Teorik Modeli		0.1148830224
Hill Modeli		2.64819054
Jeffrey Modeli		0.1074185875
Bauer Modeli		0.125970222
Babanov Modeli		0.1261003345
Singh ve Ark. Modeli		0.1327781465
Sheldon ve Chawla Modeli		0.1097654291

Tablo 8. %0.1 MWCNT katkılı polipropilenin efektif ısı iletim katsayıları

Efektif ısı iletim modeli		Efektif ısı iletim katsayısı (k_e)(W/mK)
Seri Model		0.1060477198
Paralel Model		1.4559523
Geometrik Ortalama Modeli		0.1064900871
Maxwell Modeli 1		0.1061431492
Maxwell-Eucken Modeli 2		3.019049778
Levy Modeli		2995.952704
Efektif Ortam Teori (EMT) Modeli		0.5888046881

Krischer Yaklaşımı	F=0.25	0.348122015
	F=0.5	0.197695799
	F=0.61	0.1661131398
	F=0.75	0.13804534
Russel Modeli		0.1147400478
Cheng ve Vachon Teorik Modeli		0.1087959167
Hill Modeli		1.976571197
Jeffrey Modeli		0.1061431771
Bauer Modeli		0.02863782464
Babanov Modeli		0.1147400478
Singh ve Ark. Modeli		0.117229552
Sheldon ve Chawla Modeli		0.1064900871

Elde edilen sonuçları genel olarak değerlendirmek gerekirse; dört farklı karbon esaslı polipropilen nanokompozitin her biri için ayrı ayrı hesaplanan modellerden Seri Model, Geometrik Ortalama Modeli, Maxwell Modeli 1, Jeffrey Modeli ve Sheldon ve Chawla Modeli'nin dolgu malzemesi olan polipropilene ve birbirlerine çok yakın değerler verdiği gözlemlenmiştir.

Hesaplanan tüm kompozitler için, Russel Modeli ve Babanov Modelinin aynı kompozitte birbirleri ile aynı değeri verdiği görülmüştür. % 0.01 grafen katkılı polipropilen kompozitte Russel Modeli ve Babanov Modeli de dolgu malzemesi olan polipropilenin ısı iletim katsayısına yakın değerler verirken, diğer kompozitlerde bu değerden uzaklaşma görülmüştür. Paralel model ise tüm kompozitlerde birbirinden farklı sonuçlar vermiştir.

Deneme amacıyla seçilen Maxwell-eucken modeli 2, Levy modeli, Efektif ortam modeli, Hill modeli ve Bauer modeli ise hem aynı kompozitte diğer modellere göre oldukça farklı sonuçlar vermiştir hem de farklı kompozitlerde aynı modeller için farklı değerler vermiştir. Hesaplanan efektif ısı iletim modellerinin (Bauer Modeli hariç) hepsinde de ısı iletim katsayısı değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

4. SONUÇ

Çalışmanın sonucu olarak dört farklı karbon esaslı polipropilen nanokompozit malzemenin her biri için ayrı ayrı hesaplanan modellerden Seri Model, Geometrik Ortalama Modeli, Maxwell Modeli 1, Jeffrey Modeli ve Sheldon ve Chawla Modeli'nin dolgu malzemesi olan polipropilene ve birbirlerine çok yakın değerler verdiği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni dolgu malzemesi olan polipropilen miktarının, katkı malzemelerine göre yüksek olmasıdır. Hesaplamalarda kullanılan dolgu malzemesi (polipropilen) hacimsel oranının yüksek olması nedeniyle, kompozitlerin efektif ısı iletim katsayısı değeri dolgu malzemesinin ısı iletim katsayısı değerine yakın çıkmaktadır. Deneme amacıyla seçilen Maxwell-eucken modeli 2, Levy modeli, Efektif ortam modeli, Hill modeli ve Bauer modeli ise hem aynı numunede diğer modellere göre oldukça farklı sonuçlar vermiştir hem de farklı numunelerde aynı modeller için farklı değerler vermiştir. Bu çalışmayla; literatürde yaygın olarak kullanılan efektif ısı iletim katsayısı modelleri polipropilen nanokompozit malzemeler için incelenmiş, aralarındaki benzerlikler ve farklılıklar ortaya konulmuştur.

5. KAYNAKLAR

- [1] Giryay, Ç., 2018. Kompozit Malzeme Nedir? Kullanım Alanları ve Avantajları Nelerdir?. Erişim Tarihi: 28.02.2018. <https://www.tech-worm.com/kompozit-malzeme-nedir-kullanim-alanlari-avantajlari-nelerdir/>.
- [2] Kaya Ö., 2019. Farklı Karbon Esaslı Polipropilen Nanokompozitlerin Titreşimsel Sönümlenme Davranışları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67, Isparta.
- [3] Kumlutaş, D., 1999. Heat Conduction in Isotropic Heterogeneous Media. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(2-3), 1025-1032.
- [4] Nağacı, O.Ö., 2005. Kompozit Malzemelerin Termal Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitirme Tezi, 23, İzmir.
- [5] Yüksel, N. ve Avcı, A., 2010. Gözenekli Malzemelerin Etken Isıl İletkenlikleri Üzerine Mevcut Çalışmalar. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(2), 331-346.
- [6] Karaağaç, İ., Durmuş, G., Uluer, O., Aktaş, M., Tülü, F. A., 2016. Kompozit Isı Yalıtım Levhalarında Isı İletim Katsayısı Tespit Yaklaşımları. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 3(1), 133-142.
- [7] Pehlivanlı, Z.O., 2016. H_3 BO_3/PP Kompozitlerinin Isı İletim Katsayılarının incelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Part: C, Tasarım ve Teknoloji, 4(3): 91-96.
- [8] Balandin, A.A., 2011. Thermal Properties of Graphene and Nanostructured Carbon Materials. Nature Materials vol:10 569-581.
- [9] Bart, G.C.J., 1994. Thermal Conduction in Non Homogeneous and Phase Change Media. Doctoral Thesis, Delft University of Technology, The Netherlands.
- [10] Maxwell, J.C., 1954. A Treatise on Electricity and Magnetism, third ed, Dover Publications Inc., New York, A.B.D.
- [11] Carson, J.K., Lovatt, S.J., Tanner, D.J. ve Cleland, A.C., 2006. Predicting the Effective Thermal Conductivity of Unfrozen, Porous Foods. Journal of Food Engineering, 75, 297-307.
- [12] Carson, J.K., Lovatt, S.J., Tanner, D.J., Cleland, A.C., 2005. Thermal Conductivity Bounds for Isotropic Porous Materials. International Journal of Heat and Mass Transfer, 48, 2150-2158.
- [13] Tavman, I.H., 1998. Effective Thermal Conductivity of Isotropic Polymer Composites. Int. Comm. Heat Mass Transfer, 25, 723-732.
- [14] Cheng, S.C., Vachon, R.I., 1970. A Technique for Predicting the Thermal Conductivity of Suspensions, Emulsions, and Porous Materials. Int. J. Heat and Mass Transfer, 13, 537.

- [15] Hill, J.E., Leitman, J.D., Sunderland, J.E., 1967. Thermal Conductivity of Various Meats. Food Technology, 21, 1143-1148.
- [16] Jeffrey, D.J., 1973. Conduction Through a Random Suspension of Spheres. Proc. R. Soc. Lond. A, 335, 355-367.
- [17] Gonzo, E.E., 2002. Estimating Correlations for the Effective Thermal Conductivity of Granular Materials. Short Communication, Chemical Engineering Journal, 90, 299-302.
- [18] Belova, I.V., Murch, G.E., 2004. Monte Carlo Simulation of the Effective Thermal Conductivity in Two-Phase Material. Journal of Materials Processing Technology, 153-154, 741-745.
- [19] Gemici, R., 1996. Lif Takviyeli Polimer Kompozit Malzemelerde Aşınma ve Isı İletimlerinin İyileştirilmesi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 102, Bursa.

TOZLU ÇALIŞMALARDA MESLEK HASTALIKLARI VE TOZLA MÜCADELE

Zeyneb KAHRAMAN¹, Keriman YÜRÜTEN ÖZDEMİR²

Accepted: 2022-09-07

DOI: 10.47118/somatbd.1119380

ÖZET

Tozlu ortamların olduğu işyerleri çalışan sağlığı açısından birçok risk barındırmaktadır, solunabilir tozlar, mesleki solunum sistemi hastalıklarına yol açarak çalışanların sağlığını tehdit etmektedir. Bu bakımdan etkili bir tedavisi olmayan solunum sistemi hastalıklarına ilişkin tozla mücadele yöntemleri önem taşımaktadır. Özellikle erken tanı, hastalığın ilerleyişi ve maruziyetin belirlenerek gerekli tedbirlerin alınması açısından önemlidir. Diğer taraftan işyeri hekimi tarafından konulan tanıların sisteme yansımaları, mesleki solunum sistemi hastalıklarının boyutunun belirlenmesi için gereklidir. İşyerlerinde, tozlara ilişkin risk değerlendirmesi ve proaktif önlemler ile güvenli çalışma ortamı oluşmakta ve meslek hastalıkları önlenmektedir. Bu çalışmada, tozların neden olduğu meslek hastalıkları incelenmiş olup korunma önlemleri ve tozla mücadele kapsamında yapılacak olan iş sağlığı ve güvenliği çalışmaları değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda çalışma, tozların işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği önlemlerine uygun olarak kullanılması ve tozla mücadelede iş sağlığı ve güvenliğinin önemini göstermeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çalışan sağlığı, meslek hastalığı, solunabilir toz, toz kontrolü.

OCCUPATIONAL DISEASES AND DUST CONTROL IN DUSTY WORK

ABSTRACT

Workplaces with dusty environments contain many risks in terms of employee health, and respirable dusts threaten the health of employees by causing occupational respiratory system diseases. In this respect, dust fighting methods related to respiratory system diseases that do not have an effective treatment are important. In particular, early diagnosis is important in terms of determining the progression of the disease and exposure and taking the necessary measures. On the other hand, the reflection of the diagnoses made by the workplace physician on the system is necessary to determine the extent of occupational respiratory system diseases. In the workplaces, a safe working environment is created with risk assessment and proactive measures related to dust and occupational diseases can be prevented. In this study, occupational diseases caused by dust were examined and occupational health and safety studies to be carried out within the scope of protection measures and dust control were evaluated. In this direction, the study aims to show the use of powders in accordance with occupational health and safety measures in workplaces and the importance of occupational health and safety in the fight against dust.

Keywords: Employee health, occupational disease, respirable dust, dust control.

¹ Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Kastamonu Türkiye.

² Dr. Öğrt. Üyesi, Kastamonu Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Kastamonu, Türkiye.

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve tüm dünyada, çalışma hayatının en önemli sorunlarından biri iş kazaları ve meslek hastalıklarıdır [1]. *Meslek hastalığı*; Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)'nün 1981 yılındaki 155 numaralı İş Sağlığı ve Güvenliği Sözleşmesi, 2002 ILO protokolü kapsamında, “iş faaliyetlerinden kaynaklanan risk faktörlerine maruz kalma sonucu ortaya çıkan bütün hastalıklar” şeklinde tanımlanmaktadır [2].

Meslek hastalığı, uygun olmayan çalışma koşullarından kaynaklanan bazen ölümcül sonuçlar doğurabilen risk faktörleri arasındadır [3]. Hastalık etkeni, çalışılan yerde olduğu için yapılan iş ile hastalık arasında nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. İşyeri ortam koşullarının tozlu, gürültülü, aşırı sıcak/soğuk olması, nemli veya oksijensiz olması gibi mesleki riskler bir süre sonra meslek hastalığı şeklinde ortaya çıkmaktadır [1]. Meslek hastalıklarının önüne geçebilmesi için risk faktörlerine ilişkin proaktif önlemler alınması gerekmektedir [3]. Toplumda farkındalık artmasına karşın, önlenmesi noktasında istenilen düzeye erişilememiştir. Diğer taraftan, her yıl meslek hastalığı tanısı konulan ve ölümlerle sonuçlanan vakaların artış gösterdiği belirlenmiştir [4]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)/ILO İşle İlgili Hastalık ve Yaralanma Yüküne İlişkin Ortak Tahminleri, 2000-2016: Küresel İzleme Raporuna göre, 2016 yılında işe bağlı hastalıklar ve yaralanmalar nedeniyle 1,9 milyon ölüm gerçekleşmiştir. Ölümlerin en büyük nedenlerinden biri ise 450.000 ölüm ile işyerindeki hava kirliliğine bağlı olarak gerçekleşen kronik obstrüktif akciğer hastalığıdır [5].

Tüm dünyada en sık tanı konan meslek hastalıkları grubu, mesleki solunum yolları/akciğer hastalıklarıdır [6]. Havadaki tozların neden olduğu akciğer hastalıkları, 17. yüzyılda saptanan ilk meslek hastalıkları grubudur [7, 8]. Makineleşme ile ortaya çıkan ve iş kalitesini olumsuz yönde etkileyen tozlar, birden fazla makinenin bir arada çalıştırıldığı ortam koşullarında, makineleri kullanan işçilere önemli düzeyde rahatsızlıklar verebildiği gibi yüksek toz düzeyi, çalışanların sağlığını ve verimlerini olumsuz yönde etkilemektedir [9]. Çalışanların işyeri ortamında bulunan tozları soluması ile tozlar akciğerde birikmekte ve doku reaksiyonu oluşması sonucu akciğer hastalıkları ortaya çıkmaktadır [10, 11].

Ülkemizde meslek hastalıkları istatistikleri, Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından kayıt altına alınmakla birlikte, istatistiklerdeki kayıtlar, hekimlerin meslek hastalığı tanısı koyduğu çalışanlar olmayıp tazminata bağlanan meslek hastası sayılarıdır [12]. Buna rağmen dünya genelinde, astım olgularının %15-20'sinin, akciğer ve solunum yolu kanserlerinin ise %25'inin, mesleki etkilenimden kaynaklandığı tahmin edilmektedir [13, 14].

Bu çalışma, tozların solunum sistemi üzerindeki etkisinin ve tozla mücadelede iş sağlığı ve güvenliği yaklaşımlarının değerlendirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Bu amaçla literatür ve ilgili mevzuat taranarak tozların yol açtığı meslek hastalıkları incelenmiş olup, meslek hastalıklarından korunmaya ilişkin önlemlere, genel tanısal yaklaşımlara ve tozla mücadele kapsamında yapılacak olan iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına yer verilmiştir. Çoğunlukla spesifik çalışmalar yapılmış olup bu makale ile tozlu çalışmalara ilişkin genel bakış açısı oluşturmak/geliştirmek ve bu konuda farkındalığı artırmak istenmiştir.

2. TOZLAR

Çalışma ortamı havasına yayılan/yayıma ihtimali bulunan parçacıklar toz olarak tanımlanmaktadır [15]. Büyüklükleri 1-100 mikron arasında değişmekle birlikte, sağlık

açısından en önemli boyuttaki tozlar; 0,5-5 mikron arasındaki solunabilir/ince tozlardır. Çünkü bu tozlar solunum yoluyla akciğerlere kadar ulaşırlar. Alveollere ulaşan bu tozların bir kısmı, vücudun çok güçlü koruma mekanizması ile solunum, salgı gibi akciğerlerin kendi kendini temizleme özelliğine bağlı olarak elimine edilirler. Geriye kalan kısmı ise akciğerlerde birikerek 10-20 yıl gibi bir sürede akciğer hastalıklarına neden olurlar [16, 17].

Çeşitli iş kollarında tozlu ortamlarla karşılaşmaktadır. En çok toza maruz kalınan iş kolları [18]:

- Patlatma, kırma, delme ve öğütme işleri, kaynak işleri, kumlama ve raspa işleri, ağaç doğrama ve mobilya işleri,
- Maden ocakları, demir ve çelik endüstrisi, metal sanayi, tünel, yol ve baraj yapımı ve döküm işleri (kum ve grafit),
- Porselen sanayi, tuğla/kiremit sanayi, mermer sanayi, pamuklu dokuma sanayi, çırçır sanayi, sigara sanayi, çimento sanayi,
- Tahıl siloları, un değirmeni ve un fabrikaları, nakliyat, depolama ve yüzeylerin işlenmesi.

2.1. Tozların Sınıflandırılması

Kimyasal yapılarına göre tozlar [16]:

Organik tozlar; akciğerde depolanmadıkları gibi doğrudan fibrojenik etki (akciğer dokusunun sertleşmesi) de göstermezler. Ancak alerjik mekanizma aracılığı ile solunum yollarında spazmlar sonucu kronik akciğer hastalığı oluştururlar.

- Hayvansal tozlar (saç, tüy vb.)
- Bitkisel tozlar (pamuk tozu, un tozu, tahta tozu, saman tozu vb.)
- Sentetik bileşen tozları (trinitro tolüen, DDT vb.)

İnorganik tozlar; akciğerde depolanır ve fibroz oluşturma riski vardır.

- Metal tozları (demir, çinko, bakır tozu vb.)
- Metal olmayan tozlar (kömür tozu, kükürt)
- Doğal bileşik tozları (kil, mineral, maden cevherleri vb.)
- Kimyasal bileşik tozları (çinko oksit, manganez oksit vb.)
- Mineraller (kristal yapıda silika tozu)
- Asbest lifleri içeren tozlar ve insan yapımı mineral lifler (alüminyum silikat lifler)

Çalışan sağlığını tehdit eden tozlar, biyolojik etkileri açısından altı ana grup altında toplanır [19].

Fibrojenik Tozlar (Solunum Sistemine Zararlı Olanlar): Solunum sistemine zarar vererek pnömokonyoza yol açan tozlardır. Silis (kuvars, kristobalit, tridimit), silikatlar (asbest, talk, mika), kalay ve kömür tozları fibrojenik tozlardır [19].

Toksik Tozlar: Karaciğer, böbrek, mide ve bağırsaklar, sinir sistemi, solunum ve kan yapıcı organlar gibi çeşitli organlarda akut/kronik zehir etkisi yapan tozlardır. Kurşun, krom, arsenik, manganez ve vanadyum gibi ağır metal tozlarıdır [16, 19].

Kanserojen Tozlar: Çeşitli iç ve dış faktörlere bağlı olarak insanlarda kanserojen etki yapan tozlardır. Bunlar; asbest, arsenik, kromatlar (kalsiyum-potasyum-sodyum), berilyum ve nikel tozlarıdır [16, 19].

Radyoaktif Tozlar: Hücre ve dokularda hasar yapan ve genetik bozukluğa sebep olan radyoaktif tozlardır. Uranyum, toryum, trityum, radyum seryum ve zirkon bileşikler radyoaktif tozlardır [16, 19].

Alerji Yapan Tozlar: Solunum yollarında spazma (kasılma) neden olarak astım gibi etkilere yol açarak deri ile temasında alerjik reaksiyon oluştururlar [20]. Bakteri, küf, maya ve polenler alerjik etki oluşturabilirler [16]. Tahıl ve kereste vb. tozlar bu grupta yer almaktadır [19].

İnert Tozlar: Vücutta birikebilen ancak fibrojenik ve toksik etki yapmayan tozlardır. Kireç taşı, mermer, alçı taşı ve tütün tozu bu gruba örnektir [16]. Bu gruptaki tozlar vücutta herhangi bir reaksiyona uğramadan lenfatikler yoluyla vücut dışına taşınmaktadır [20].

3. TOZA BAĞLI MESLEK HASTALIKLARI

Tozlara maruz kalan kişilerde, alerji, astım gibi hastalıkların yanı sıra mukozada mekanik zararlar, deri hastalıkları, kanser ve pnömokonyoz görülebilir [21, 22, 23]. Alveollere ulaşım yapan tozların neden olduğu akciğer hastalıklarına “pnömokonyoz” adı verilmektedir [9]. Pnömokonyozlar hastalığa neden olan tozun cinsine göre adlandırılmakta, kuvars tozuna maruziyet sonucu silikozis, asbest tozuna maruziyet sonucu asbestoz, demir tozuna maruziyet ile sideroz olarak adlandırılan hastalıklar oluşmaktadır [10, 11].

Tozların ortaya çıkardıkları sağlık etkilerinde; kişisel özellikler, tozun oluşmasına neden olan malzeme ve iş süresi, çalışma süresi, maruz kalım süresi, havalandırma ve kişisel koruyucu ekipman kullanımı gibi iş öyküsü ile ilişkili özelliklerle beraber, partiküllerin fiziksel özellikleri de önem taşımaktadır. Solunumla alınan partiküller; nazofarenjyal (ekstratorasik) bölge, trakeobronşiyal bölge ve alveol bölgede birikerek sağlık etkileri oluşturabilir [24]. Solunan tozun vücutta ayrıştığı organa göre; solunan toz çapı >25µm ise ayrışma burun ve genizlerde, 10-25µm ise ayrışma trakea ve bronşlarda, <10µm ise akciğer alveollerinde gerçekleşmektedir [25]. Hastalık için tozdan etkilenme süresi de önemlidir. Hastalık çoğunlukla 10 yıl ve daha uzun süre tozlu ortamlarda çalışanlarda ortaya çıkmakla birlikte, hastalık için gereken en kısa süre 3 yıldır [26].

Organik tozlar, alerjik ve mukozal etkilere, astıma, kronik bronşite ve kansere sebep olurken, pamuk tozu, bissinoz adlı akciğer hastalığına ve odun tozları astım ve dermatit gibi cilt hastalıklarına yol açarlar. İnorganik tozlar ise, alveollerde dokusal hasar meydana getirerek kronik akciğer hastalıklarına neden olurlar [16]. Bunlar [16, 18]:

- Asbestosis (Asbestoz)
- Silikosis (Slikoz)
- Kömür Tozu Hastalığı
- Siderosiz

Sık Görülen Diğer Mesleki Akciğer Hastalıkları

- Akciğer Kanseri

- Mesleki Astım (yükümlülük süresi 1 yıl)
- Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH)
- Ağır Metal Hastalıkları
- Maligniteler (Sinonazal, Akciğer, Plevra (mezotelyoma)
- Enfeksiyon Hastalıkları (Tbc, Virüs, Bakteri)

Silika Tozuna Bağlı Meslek Hastalıkları

Silika, oldukça yaygın bir mineral olmakla birlikte kristalin (kuvars, kristaboliit, tridimit), kriptokristalin (kasedony) ve amorf (opal) şekillerde bulunmaktadır [27].

Silikozis

Silisyum dioksit kristallerinin solunması sonucu oluşan pnömokonyoz türüdür. Silikozis, akciğerde toza karşı devamlı bir reaksiyon oluşturarak akciğerde kollajen lifleri arttırmakta ve fibroze yol açmaktadır [28]. Dünya genelinde en yaygın görülen mesleki akciğer hastalığı silikozistir [29]. Silikozis; nefes darlığı, göğüs ağrısı, iştah kaybı, solunum yetmezliği ve ateş gibi semptomlarla kendini göstermektedir. Fibrozis ve artan nefes darlığı nedeniyle mortaliteye neden olabilmektedir. Silikozisin ortaya çıkmasında düşük konsantrasyonlara (kronik) maruziyetlerde 15-20 yıl, yüksek konsantrasyonlara (akut) maruziyetlerde ise 5-10 yıl yeterlidir [30, 31]. Bilinen etkili bir tedavisi yoktur. Hasta yönetimi, hastalığın ilerlemesini ve komplikasyonların gelişimini engelleme şeklindedir [32].

Diş teknisyenliği, kot kumlamacılığı, kuvars değirmeni, taş ocağı işinde çalışanlar, yeraltı ve yer üstü madencilik işleri, tünel kazıcıları, döküm işçileri ve seramik işçilerinin yanı sıra toprak ve kayaların parçalandığı/işlendiği tüm iş kollarında silikozis riski bulunmaktadır [31, 33, 34].

Tüberküloz

Silikozisin ilerlemesi ile farklı mantar/mikrobiyal enfeksiyonlar gelişmektedir [35]. En çok görüleni tüberkülozdur. Makrofajların silika tozu ile bağlanmasıyla Mycobacterium tuberculosis bakterileri yok edilmediği için tüberküloz oluşmaktadır [36]. Silikozis hastalarında tüberküloz hastalığının oluşma riskinin yaklaşık 30 kat arttığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle devam eden maruziyetin sonlandırılması gerekmekte ve tüberküloz açısından takip planlanması gerekmektedir [32].

Asbest Tozuna Bağlı Meslek Hastalıkları

Asbest yer kürede doğal halde bulunan lifsi kristal yapıya sahip mineral grubunun ortak adıdır. Gelişmiş ülkelerde sanayinin gelişmesiyle birlikte başta madencilik, inşaat ve diğer endüstriyel sektörlerde çalışanların asbestte maruz kalmaları sonucu asbest kaynaklı meslek hastalıkları meydana gelmiştir [37].

Asbestozis

Asbest liflerinin solunum yoluyla akciğerlerde birikmesi sonucu oluşan bir akciğer fibrozudur [38]. Vücuttaki asbest liflerinin çözünmesiyle oluşan asit, akciğer dokusunda yara oluşumuna yol açmaktadır. Sonraki aşamalarda asbestozis akciğerin genişlemesini kısıtlayarak

oksijen geçişini engellemekte, solunum güçlüklerine neden olmakta ve akciğer kanserini tetiklemektedir. Asbestle ilk maruziyetten 15-20 yıl süre ile hastalığın ortaya çıktığı görülmüştür [39].

Asbestozis ortaya çıktıktan sonra, maruziyet önlense bile hastalık gelişmeye devam etmektedir. Asbestozise ilişkin semptomlar progresif dispne ve kuru öksürük şeklinde olup, nefes darlığı ve hırıltıya neden olmaktadır. Hastalığın ilerleyen safhalarında bronş kanserine yol açtığı bilinmektedir [24, 40]. Asbestozisin bilinen bir tedavisi yoktur. Maruz kalan kişilerin çok azında belirgin hastalık gelişirken çoğunlukla belirgin solunumsal bozukluk gelişmemektedir [32].

Akciğer Kanseri

Asbest maruziyeti sonucu akciğer dokularında kontrol edilemeyen hücre büyümesi ve hücrelerin malign tümör oluşturması ile ortaya çıkan bir hastalıktır. Oluşan tümör çevredeki dokulara doğru büyüyerek hava geçişine engel olur. Asbestle ilk maruziyetten hastalığın ortaya çıkmasına kadar yaklaşık 20 yıl süre geçebilmektedir [39]. Akciğer kanseri riski vücuda giren asbest tozu ve sigara oranı ile ilişkilidir. Akciğer fibrozisi bulunan ve çok sigara içen asbestle çalışan işçilerdeki kanser riskinin, sigara içmeyen ve farklı iş kollarında çalışanlardan 50-90 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir [41].

Mezotelyoma

Plevra, perikard ve periton gibi seröz zarların malign tümörü mezotelyoma, nadir görülen ancak kötü seyirli bir kanserdir [42]. Mezotelyoma, asbest tozunun neden olduğu en ciddi hastalık olarak görülmektedir. Akciğer zarını etkilemesi ile birlikte dış kalp zarı, tünika vajina ve testiste ortaya çıktığı görülmüştür. Asbeste ilk maruz kalımdan ortaya çıkmasına kadar 30-40 yıl geçebilmektedir. Hastalık tanısı konulduktan sonra bir iki yıl içerisinde ölüm nerdeyse kesindir [39]. Asemptomatiktir. Göğüs ağrıları ve nefes darlığı şikayetleri ile başladığı saptanmıştır [40].

Diğer Tozlara Bağlı Pnömokonyozlar

Kömür İşçisi Pnömokonyozu (KİP)

Kömür madenciliğinde çalışan işçilerde meydana gelen akciğer hastalığıdır. Hastalığın gelişimi uzun bir süreç gerektirirken silikozise göre daha yavaş seyretmektedir. Bu nedenle ileri derecede solunum sorunu ve kalp yetmezliği nadir görülmektedir [20]. Basit KİP çoğunlukla asemptomatiktir. Komplike hastalıkta ise başlangıçta eforla nefes darlığı oluşur, hastalık ilerledikçe istirahatle ortaya çıkan nefes darlığı söz konusudur. Progresif masif fibrosis (kömür makülü) solunum yetmezliği ve ölüme yol açar [24].

Sideroz

Demir/demir oksit tozlarının akciğerlerde depolanması ile oluşan pnömokonyoz türüdür [20]. Diğer inert tozlara göre demir tozu maruziyeti daha sık olmaktadır. Birçok iş kolunda, demir oksit tozlarına ilişkin maruziyet söz konusudur. Özellikle kaynakçılık, elektrik ve asetilen kaynakçılığı en fazla maruz kalınan işkollarıdır. Demir/çelik cevheri çıkarılması/işlenmesi, döküm sanayi ve mknatis yapım işleri diğer riskli işlerdir. Siderozis genellikle asemptomatiktir.

Uzun süreli saf demir oksit tozuna maruz kalan kişilerde kalıcı fonksiyonel bir hasara yol açmadığı belirtilmiştir. Demir bazı durumlarda silis ile bulunmakta ve karışık toz maruziyeti olmaktadır. Bu tabloya siderosilikozis adı verilmektedir. Siderosilikozisli olgularda zaman içerisinde öksürük ve dispne şikayeti olabilmektedir [20, 27].

Bisinozis

Bisinozis; pamuk, yün, keten tozu gibi organik tozlara maruz kalan çalışanlarda sık görülen bir meslek hastalığıdır. En az iki gün sonunda maruziyetin birinci gününde göğüste sıkışma hissi, nefes darlığı ve solunum fonksiyon testlerinde düşüş görülmektedir [43-44]. Bisinozis öksürük ve balgam çıkarma ile karakterize klinik bir tablodur. Özellikle ülkemiz için büyük bir sağlık sorunudur. Çünkü tekstil alanında ülkemiz oldukça önemli bir yere sahiptir. Dünya tekstil üretiminin %3'ü, pamuklu tekstil sanayinin de %10'na yakını ülkemizden sağlanmaktadır [27].

Mesleki Astım

Un, platin tozu ve organik tozlardan odun tozu maruziyetine bağlı olarak mesleki astım gelişmektedir [45, 46]. Nefes darlığı, göğüs kafesi sıkışması, öksürük ve hırıltılı soluma gibi sorunlara yol açmakta hatta sakatlığa nadiren de ölüme neden olabilmektedir [45]. Başlıca riskli meslek grupları; pastacılık, fırıncılık, veterinerlik, hayvan laboratuvarlar işleri, deterjan endüstrisi, metal sanayi, tekstil, kuaförlük, sağlık hizmetleri, boyacılık ve mobilyacılıktır [47].

3.1. Toza Bağlı Meslek Hastalıklarına İlişkin Genel Tanısal Yaklaşım

Diğer mesleki hastalıklarda olduğu gibi mesleki akciğer hastalıkları da yeterince sistematik şekilde kayıt altına alınmamaktadır. Özellikle akciğer/solunum yolu kanserleri, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) ve astım gibi çok faktörlü etyolojisi olan ve ortaya çıkışı uzun süren (uzun latent periyodları) hastalıkların mesleki olarak tanımlanması zorlaşabilmektedir [13, 14].

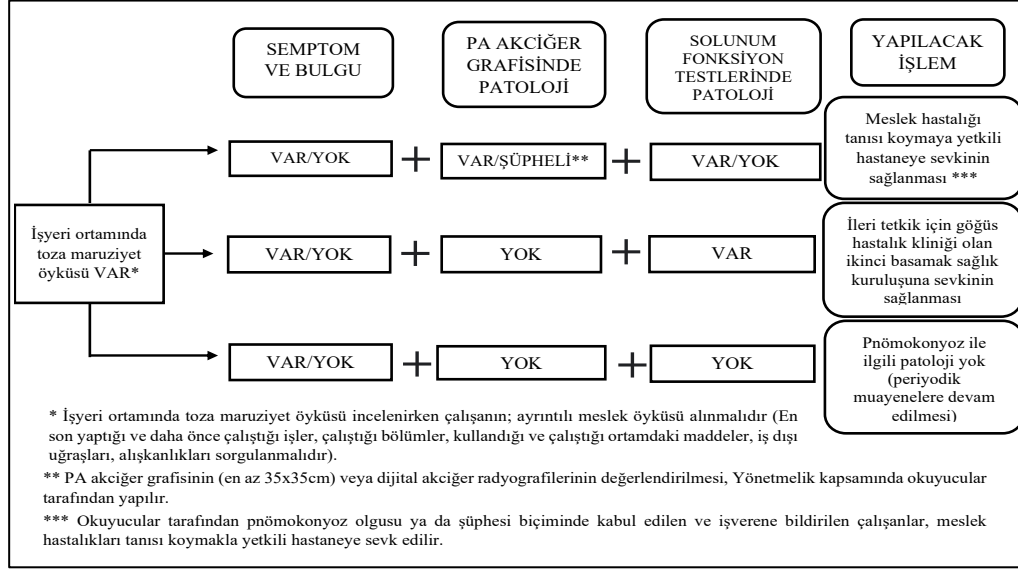
Meslek hastalıkları tanısı konulan çalışanlara ilişkin verilerin toplanması, yorumlanması ve ilgili birimlere ulaştırılması, meslek hastalıklarının önlenmesi bakımından oldukça önemlidir [1]. Meslek hastalığı tanı sayısı ve meslek hastalığına neden olan risk faktörleri bilinmeden, önleyici/azaltıcı tedbirlerin alınması mümkün değildir [12]. Meslek hastalığı tanısı sonrasında, çalışma ortamında yapılabilecek müdahaleler diğer çalışanların etkileneceği faktörlere ilişkin daha ciddi önlemlerin alınmasını ve daha sıkı denetimlerin yapılmasını sağlayacaktır. Kontrol yöntemleri doğru uygulandığı takdirde gerekli risk yönetimi çalışmaları ile meslek hastalıkları yüzde yüz önlenebilmektedir [1].

Tanı yöntemleri

İşe giriş muayenelerinin ciddi bir şekilde işin risk durumuna göre, anamnez (hasta öyküsü) ve fizik muayene bulguları doğrultusunda gerekli ileri tetkikleri kapsayacak şekilde yapılması gerekmektedir. Mesleki solunum hastalıklarında detaylı bir iş anamnezi ile tanı daha kolay ortaya konulabilmektedir. Bu anlamda anamnez büyük bir öneme sahiptir [27].

İşin risk düzeyine göre belirlenecek aralıklarda periyodik muayeneler yapılmalı, bu muayeneler, işin niteliğine göre değişecek tetkikleri içermelidir. Çalışanların, çalışma ortamında maruz kaldıkları faktörlerin bilinmesi, hasta öyküsü ve fizik muayenesi dışında, fonksiyonel ve radyolojik incelemelerin hangisinin gerektiği konusunda yol gösterici çok önemli bir unsurdur.

Periyodik muayenelerde uygulanması gereken tanı yöntemi radyolojik incelemelerdir. Mesleki akciğer hastalıklarının tanı ve takibinde birçok radyolojik yöntem kullanılmakla birlikte basit, ucuz, tekrarlanabilir ve her yerde ulaşılabılır ve standardize edilmiş olması nedeniyle rutin tanı ve takip için standart Posterior-Anterior (PA) akciğer grafisinin kullanılmasının daha uygun olduğu belirlenmiştir. Diğer radyolojik tanı yöntemleri 2/3. basamak kliniklerinde gerek görüldüğünde kullanılabilir [27]. Şekil 1’de Tozla Mücadele Yönetmeliği’nde belirtilen tanı şeması verilmiştir [48].



Şekil 1. Pnömonkoz Tanı Şeması [48].

4. TOZLA MÜCADELE VE ÖNLEMLER

İşyerlerinde tozdan kaynaklanabilecek risklerin önlenmesi amacıyla iş sağlığı ve güvenliği açısından çalışanların tozun etkilerinden korunmaları ve tozla mücadele için alınması gereken tedbirler Tozla Mücadele Yönetmeliği’nde belirtilmiştir [48].

4.1. Risk Değerlendirmesi

İşveren öncelikli olarak, işyeri maruziyet yönetimine dair, tozlardan kaynaklanan olumsuz etkileri belirlemek üzere risk değerlendirmesi yapmakla yükümlüdür [48]. Çalışanların sağlıklarının tehdidine yönelik riskleri belirlemek amacıyla, Risk Değerlendirmesi Dokümanının tüm adımlarında “toz” tehlikesi karşılığında mesleki maruziyet odaklı uygun ve yeterli bir risk değerlendirmesi gerçekleştirilir [49]. İlk olarak yapılacak işin özelliklerine göre alınacak tedbirler belirlenmeli; işletmenin büyüklüğüne göre maruziyetin türü ve dağılımı belirlenerek risk değerlendirmesi sonucunda, öngörülen riskleri en aza indirecek şekilde iş tesis edilmelidir. Risk değerlendirmesinin iş başlamadan önce yapılması; tehlikeleri ortadan kaldırmanın en önemli adımını oluşturmaktadır [21]. Tozlu işlerde yapılacak risk değerlendirmesinde [48];

- Ortamdaki tozun türü, sağlık ve güvenlik yönünden tehlike ve zararları,
- Maruziyetin düzeyi, süresi ve sıklığı, Yönetmeliğin belirtilen mesleki maruziyet sınır değerleri,

- Toz ölçüm sonuçları, alınması gereken önleyici tedbir,
- Sağlık gözetim sonuçları (daha önce yapılmış ise) özellikle dikkate alınmalıdır.

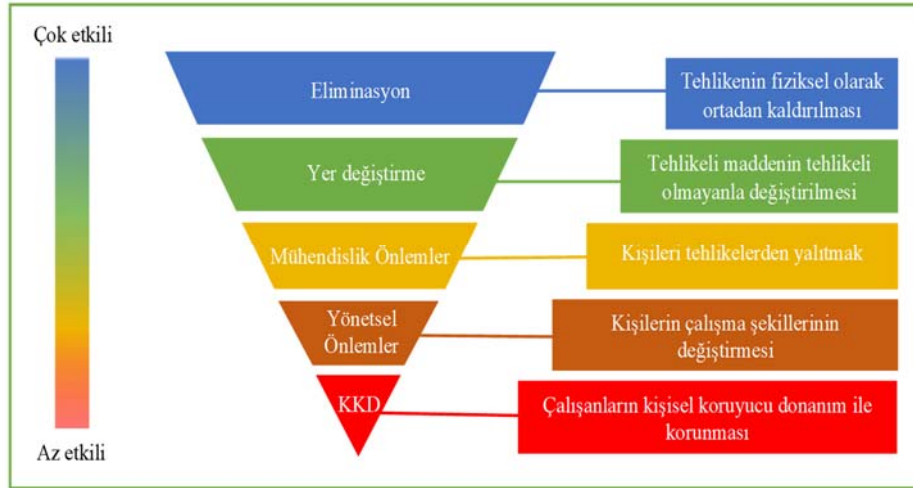
Risk değerlendirme sonuçları çalışan ve çalışan temsilcileri ile paylaşılarak, katkı ve görüşleri alınmalıdır. Risk değerlendirmesinde elde edilen bulgular; risk altındaki çalışanlar, maruziyetin ve riskin düzeyi, riskin hangi durumda ortaya çıkacağı, hangi önlemlerin alındığı/alınacağı, zamanı ve sorumluları içerecek şekilde kayıt altına alınmalıdır [49].

4.2. Kontrol Önlemleri

Korunma genel olarak üç düzeyde değerlendirilmektedir [50].

Primer (Birincil) Koruma

Maruz kalım ilişkisinin ortaya konulması, etkilenimin ortadan kaldırılması/kontrolüdür. Amerika Birleşik Devletleri Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH) tarafından mesleki tehlikelerin önlenmesine yönelik oluşturulan kontrol hiyerarşisi, önceliklendirilmesi gereken, uygulanabilir ve etkili önlemleri belirlemek amacıyla kullanılabilen metotlardan biridir (Şekil 2). Eliminasyon ve yer değiştirme, korunmada en etkili yöntemler iken bunların gerçekleştirilemediği durumda mühendislik önlemlerinin etkili olabileceği belirtilmektedir. Yönetsel önlemler ve kişisel koruyucu donanımlar (KKD) tehlikelerin iyi kontrol edilemediği hallerde uygulanmakta ve çalışanları korumaya ilişkin yöntemler arasında daha az etkili olanıdır [51].



Şekil 2. Mesleki Tehlikelerin Önlenmesinde Kontrol Hiyerarşisi (NIOSH) [51].

Toz kontrol stratejisini belirlemek için öncelikle toz oluşumuna neden olan kaynağın, toz yayılımına neden olan faktörlerin ve maruziyet nedenlerinin tanımlanması gerekmektedir [52].

Tozun kaynaktan kontrolü (eliminasyon, yer değiştirme)

Çalışanın maruz kalmasını önlemeye yönelik ilk kontrol tozun kaynağında kontrolüdür [52]. Tozun kaynağında kontrolü en etkili yöntem olarak kabul edilmekle birlikte kaynağı

kontrol etmeden ortam veya alıcıda kontrol önlemi almak, diğer çalışanların beklenmedik şekilde aynı faktörden toza maruz kalabileceği anlamına gelmektedir [53]. Kaynakta toz kontrolünde; toz üreten maddeleri ortadan kaldırma (eliminasyon), kullanılan toz miktarını azaltma, tehlikeli olanı daha az tehlikeli olanı değiştirme (ikame) veya maruziyetin etkisini azaltmak amacıyla biçimlerini değiştirme yöntemleri uygulanmaktadır. Yeni üretim süreçleri beraberinde yeni tehlikeler oluşturmamalı, teknik olarak uygulanabilir ve kabul edilebilir olmalıdır. Örneğin, daha az toz üreten, ancak oldukça gürültülü olan bir üretim süreci kabul edilebilir bir çözüm değildir [52].

Tozla mücadelede diğer bir yöntem tozun ıslatılmasıdır. Islak yöntem uygulanması ile parçacıkların birbirine yapışması sağlanarak havada askıda kalması önlenir ve parçacıklar ortam havasına dağılmadan etkin bir toz kontrolü sağlanır [52].

Mühendislik Önlemleri

Tozlu ortamın çevresinin kapatılması ve yayılımının engellenmesi, taze hava besleme ve toz emiş sistemleri gibi uygulamalardır [16]. Kapalı ortamlarda güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak için çalışanların hava kirleticilerine maruziyetini önlemek/azaltmak amacıyla genel havalandırma, kaynağın yakınında tozu yakalama yoluyla tozun iş ortamına yayılmadan, çalışanların solunum bölgesine ulaşarak maruziyete neden olmadan kontrol edilmesini sağlayan lokal havalandırma yapılmalıdır [52].

Yönetmelik Önlemler

Eğitim ve bilgilendirme, toz kontrolünün temel unsurlarıdır. Bu eğitim ve bilgilendirmeler aşağıdaki bilgileri içermelidir [48]:

- Risk değerlendirmesine göre elde edilen bilgileri,
- Çalışma ortamındaki tozun tanınması, tozun yol açtığı sağlık ve güvenlik riskleri, meslek hastalıkları, mesleki maruziyet limit değerleri ve diğer yasal düzenlemeler hakkındaki bilgiler,
- Çalışanların kendilerini ve diğer çalışanları tehlikelerden koruması için yapılması gerekenler ve alınacak önlemler ile KKD'lerin doğru şekilde kullanımı ve bakımı.

İşçi ve işverenin eğitimi, sorunun önemini kavrama, uygun toz kontrol yöntemleri kullanma ve işyeri ile çalışanların düzenli izlemine sağlamak açısından özel bir öneme sahiptir [54]. Çalışanlar yaptıkları iş gereği ve taşıdığı özel risklere ilişkin özel eğitimler almalıdır [21]. Örneğin silika kullanılan işyerlerinde çalışanların önemli bölümü silikozisin ne olduğu ve iş koşulları ile ilişkisini bilmemektedir. Bu nedenle çalışma alanlarında silika maruziyetine yol açabilecek durumlar belirlenmeli, kontrol önlemleri alınarak uygulamanın önemi vurgulanmalı, sigara gibi zararlı faktörlerden kaçınılması gerektiği öğretilmelidir [54].

Kişisel Koruyucu Donanımlar

Tozun kaynakta ve ortamda kontrol edilemediği durumlarda alıcıda yani çalışanda toz kontrolü uygulanmaktadır [53]. Alınan tüm iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yetersiz olduğu durumlarda, işin risklerine uygun KKD kullanılması gerekmektedir [21]. KKD'ler çeşitli olup; özellikle solunum koruyucu olarak görev yapan maskelerin CE belgeli, ilgili ulusal ve uluslararası standartlara uygun olması gerekmektedir [55]. Maske dışında yüzü ve gözleri

korumak için uygun olan gözlükler, özel eldivenler ve koruyucu giysi gibi çeşitli kişisel koruyucu malzemeler kullanılabilir [56].

İkincil Korunma

Erken tanı ve hızlı müdahalelerdir. Örneğin tozlu ortamlarda yapılan sağlık gözetimleri, PA akciğer grafisi ve pnömokonyoz taraması vb. programlardır [50]. İkincil korunma yöntemleri ile meslek hastalığı sıklığının azaltılması ve kısa zamanda ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. Hastalıklara ilişkin belirtiler takip edilerek işyerlerinde yapılacak olan düzenli ve aralıklı sağlık gözetimleri, hastalığın ilerlemesini etkili şekilde durduran/yavaşlatan erken müdahalelere olanak tanıyabilmektedir [6].

Sağlık gözetimi

Mesleki tehlikelere maruziyet tamamen ortadan kaldırılmazsa, sağlık sorunlarının erken tanısı için işyerinde sağlık gözetimi uygulanmaktadır. Sağlık gözetimi; işe giriş muayenesi, periyodik muayeneler ve işe dönüş ya da işten ayrılma muayenelerini kapsamaktadır [57].

Toz maruziyetine bağlı oluşan akciğer hastalıkları riskinin olduğu işyerlerinde, işyeri hekiminin uygun gördüğü aralıklarla ILO Uluslararası Pnömokonyoz Radyografileri Sınıflandırılmasına uygun akciğer radyografileri çekilmelidir. Bu radyografiler, okuyucu olarak ifade edilen uzman ve işyeri hekimleri tarafından bağımsız şekilde ve birbirinden habersiz olarak değerlendirilerek sonuçları işverene bildirilir [21]. Pnömokonyoz yönünden yapılan periyodik sağlık muayenelerinde “Pnömokonyoz Tanı Şeması” (bkz. Şekil 1) dikkate alınmalıdır. Ayrıca her çalışana ait için sağlık kaydının tutulması gerekmektedir [48]

Üçüncül Korunma

Yaşam süresini ve kalitesini artırmak amacıyla yapılan müdahalelerdir. Pulmoner rehabilitasyon, uygun işe yerleştirme gibi uygulamalar üçüncül korumadır [50]. İşe uygunluk, işe dönüş/işten ayrılış muayeneleri ile çalışanın sağlık durumunun saptanması hedeflenmekte, muayene sonuçlarına göre istihdam edilecek personelin yapılacak işe uygun olup olmadığı tespit edilmektedir. Herhangi bir sağlık sorunu olan personelin işe sağlığını olumsuz etkilemeyecek bir işe yerleştirilmesi sağlanmaktadır [21, 57].

4.3. Toz Ölçümleri

İşveren, tozun olduğu çalışma alanlarında risk değerlendirmesine göre, belirlenen aralıklarla toz ölçümlerinin yapılmasını, işyerinde çalışanların toz maruziyetinin olduğu durumlarda, herhangi bir değişiklik gerçekleştiğinde ölçümlerin yenilenmesini ve ölçüm sonuçlarının, yönetmelikteki mesleki maruziyet sınır değerleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmesini sağlamakla yükümlüdür [48]. Ölçüm sonuçlarına göre alınacak tedbirler tespit edilerek zararlı maruziyetlerden korunması sağlanmalıdır [21].

Toz Maruziyet Sınır Değerleri

Toz yoğunluğunun gerekli önlemlerle yönetmelikte belirtilen değerlerin (Tablo 1) altına düşürülmesi için çalışmalar yapılması gerekmektedir. Çalışmalar sonucunda toz ölçümü

tekrarlanarak toz yoğunluğu uyulması gereken değerde olduğunda ya da belirlenen değer altına düştüğünde çalışma izni verilmelidir [48].

Tablo 1. Bazı inorganik tozlara ilişkin TWA değerleri [48].

Kayaç-mineral		TWA*
Asbest		0,1 lif / cm ³
Silika (kristal yapıda)	Kuvars (Solunabilir)	10mg/m ³ %SiO ₂ +2
	Kuvars (Toplam)	30mg/m ³ %SiO ₂ +2
Kömür Tozu	%5 ve daha az SiO ₂ içeren solunabilir toz	2.4 mg/ m ³
	%5'ten çok SiO ₂ içeren solunabilir toz	10mg/m ³ % SiO ₂ +2
İnert/istenmeyen toz	Solunabilir kısım	5 mg/ m ³
	Toplam toz	15 mg/ m ³

4.4. İş Hijyeni ve Kişisel Hijyen

Hijyen önlemlerini almak için gerekli ortamın sağlanması işverenin sorumluluğundadır. Çalışanlara iş sahasının ve kişisel temizliğin önemi benimsetilmelidir. Çalışma alanında gıda tüketilmemeli ve iş kıyafetleri ve maske gibi KKD'ler her kullanımdan sonra temizlenmelidir. Zararlı tozların bulunduğu ortamlarda; iş kıyafetleri ile çalışanların günlük kıyafetleri ayrı olmalı; bu giysilerin saklanacağı dolaplar da farklı olmalıdır. Çalışanlar kişisel hijyenlerine dikkat göstererek, mesai bitiminde gerekiyorsa duş alarak zararlı tozları vücudundan uzaklaştırmalıdır [21].

4.5. Kontrol ve İş Güvenliği Kültürü

Alınan tüm önlemlerin yanında iş sağlığı ve güvenliği kültürü oluşturmaya ilişkin çalışmalar oldukça önemlidir. İşveren ve çalışanların katılımıyla iş sağlığı uygulamaları, çalışma ortamı, cihazlar ve tüm çalışmalar uygun görülen aralıklarla düzenlenerek kontrol edilmelidir. Çalışanlar iş güvenliği çalışmalarına daha çok katılmaları için teşvik edilmelidir. Doğru uygulamalar ödüllendirilerek, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği önlemlerini işin bir kısmı olarak değil; işin gerçekleşmesi için bir ön şart olduğunu benimsemesi görüşü yayılmalıdır. Yanlış uygulamalar ayrıca değerlendirilerek, sebep analizi yapılmalı, idari önlemlerle birlikte doğru uygulamaların yapılması sağlanmalıdır [21].

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

En yaygın meslek hastalığı sorunu, tozlardan kaynaklanan solunum sistemi hastalıkları olmasına karşın birçok işyerinde tozlara ilişkin sağlık etkileri göz ardı edilmekte ve yeterince önemsenmemektedir. Ayrıca tozlara ilişkin hastalıklar uzun sürede ortaya çıktığı için tozun etkileri net anlaşılammakta, çalışanlar farkında olmadan zararlı etkilere maruz kalmaktadır. Buna yol açan etken ise çalışanların ve kurumun iş sağlığı ve güvenliği kültürüne ilişkin eksiklikleridir.

Mesleki solunum sistemi hastalıklarının çoğunda spesifik bir tedavi yoktur ve tozla mücadele konusu oldukça önemsenmesi gereken bir konudur. Tozların etkilerinin azaltılması ve meslek hastalıklarının önüne geçilebilmesi açısından iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınmalı

ve çok yönlü çalışmalar yapılmalıdır. İşveren, çalışanlar ve diğer paydaşlar bütüncül şekilde hareket etmeli, işletmelerde iş güvenliği kültürü oluşturulmalı ve bilinçlendirme çalışmaları yapılarak farkındalık artırılmalıdır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimleri ile, işyerine özgü tozlar ve buna bağlı riskler hakkında verilecek eğitim bu anlamda oldukça önemlidir. İş sağlığı ve güvenliği eğitimleri sayesinde çalışanların bilinç düzeyi artırılarak toz maruziyeti de azaltılabilecektir.

Tozların barındırdığı potansiyel etkilerin değerlendirilmesi, işyerlerinde sağlık ve güvenliğin sağlanarak daha verimli bir iş ortamı yaratacak ve farklı bir boyut kazandıracaktır. Tozlara ilişkin zararlar bilindiğinde daha duyarlı davranışlar sergilenerek etkili korunma önlemleri alınacaktır. Bu sayede doğrudan/dolaylı olarak ortaya çıkan maddi/manevi zararlar oluşmayacak ve iş kalitesi artacaktır.

6. KAYNAKLAR

- [1] Erol, İ. (2020). “Ülkemiz Madencilik Sektöründe Görülen Meslek Hastalıklarının İncelenmesi”. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35 (4), 859-872.
- [2] International Labour Office. (2013). “National System for Recording and Notification of Occupational Diseases, Practical Guide”. Geneva: ILO.
- [3] Akkurt İ. (2014). “Mesleki Solunum Hastalıkları”. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri.
- [4] Akkurt, İ. (2014). “Dünyada ve Ülkemizde Meslek Hastalıkları Tanı Sistemleri: Yeni Bir Model Önerisi”. TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, 14 (51), 30-38.
- [5] World Health Organization. ve International Labour Office. (2021). “WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury, 2000–2016”, Global Monitoring Report.
- [6] Hatman Altuntaş, E. (2019). “Mesleki Akciğer Hastalıklarından Korunma”. Güncel Göğüs Hastalıkları Serisi, 7 (2): 16-27.
- [7] Şensöğüt, C. (2015). “Endüstriyel Toz ve Atıkların Patlayabilirliğinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi”. 21-22 Aralık, Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu (345-354).
- [8] Ören, Ö. ve Şensöğüt, C. (2017). “Coal Dust Explosions in Mining – Causes, Formations and Precautions to be Taken”. III. International Conference on Engineering and Natural Sciences, 3-7 May, Budapest, Hungary.
- [9] Kodaloğlu, M. ve Karakan Günaydın, G. (2021). “Çözgülü Örne İşletmesinde Toz Maruziyet Ölçümlerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi”. International Journal of Engineering and Innovative Research, 3 (1), 1-11.
- [10] Erol, İ. (2012). Türkiye Taşkömürü Kurumu Ocaklarında Solunabilir Toz İçindeki Kül ve Kuvars Miktarlarının Sistematik Olarak Ölçülmesi ve İstatistiksel Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

- [11] Kuempel, E.D, Stayner, L.T, Attfield, M.D. and Buncher, C.R. (1995). "Exposure–Response Analysis of Mortality Among Coal Miners in the United States". Am J Ind Med., 28, 167-184.
- [12] Kalkınma Bakanlığı. (2018). "İş Sağlığı ve Güvenliği Çalışma Grubu Raporu 11. Kalkınma Planı (2019-2023)". Erişim adresi: www.kalkinma.gov.tr (Erişim tarihi: 12.12.2021).
- [13] Toren K. and Blane PD. (2009). "Asthma Caused by Occupational Exposures is Common - A Systematic Analysis of Estimates of The Population-Attributable Fraction". BMC Pulm Med, 9, 7.
- [14] Cancer Australia. (2014). "Risk Factors For Lung Cancer: an Overview of The Evidence. Sydney: Cancer Australia". Erişim adresi: <https://canceraustralia.gov.au/publications-and-resources/canceraustraliapublications/risk-factors-lung-canceroverviewevidence> (Erişim Tarihi: 13.12.2021).
- [15] Miçooğulları, A. (2018). Hatay Kuruyer Mevkiindeki Taş Ocaklarında İş Güvenliği Açısından Taş Tozu Riskinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- [16] Kaplan, E. (2016). "Tekstil Sektöründe Tozla Mücadele Rehberi". Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlık Yayınları İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [17] Kampa, M. and Castanas, E. (2008). "Human Health Effects of Air Pollution". Environmental Pollution, 151 (2), 362-367.
- [18] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi. (2013). "Meslek Hastalıkları". Ankara: Özyurt Matbaacılık.
- [19] Erol, İ. (2007). TTK Kozlu Müessesesi Ayak İşyerlerinde Solunabilir Toz Yoğunluklarının ve Kuvars İçeriklerinin Araştırılması. Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.
- [20] Kara, A. (2015). "Mesleki Solunum Sistemi Hastalıkları". İ. MALKOÇ ve M.S. KELEŞ (Ed.). Meslek Hastalıkları (62-84). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını.
- [21] Eruş, H.Ö, Taşkiran, G. ve Bayazit, M. (2015). "Silis İçeren Malzemelerle Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği". 05-20 Eylül 2015, 9. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu (115-122). Eskişehir.
- [22] Atılğan, A, Ersen, N, Peker, H. ve Kahraman, N. (2015). "Türkiye Mobilya Sanayinde İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Önlenmesine İlişkin Tavsiyeler". Selçuk Teknik Dergisi, (Özel sayı 1), 664-683.
- [23] Kalaycıoğlu, H, Yıldırım Bağcı, E. ve Aras, U. (2015). "Mobilya Sektöründe İş-Güvenliği Riskleri ve Önlemler". Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği, 974-987.

- [24] Sandal, A, Koyuncu, A, Kar Kurt, Ö, Ecin, S.M. Demir, A.U. ve Yıldız, A.N. (2020). "Pnömonkozlar". A.N. YILDIZ ve A. SANDAL (Ed.). İş Sağlığı ve Güvenliği Meslek Hastalıkları (887-894). Ankara: Hacettepe Üni Yayınları.
- [25] Babalık, F.C. (2007). "Mühendisler İçin Ergonomi İşbilim". Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- [26] Vidinli, N. (2006). "Tozlardan Kaynaklanan Meslek Hastalıkları". İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırması, Ankara.
- [27] Akkurt, İ. (2007). "Mesleki Solunum Hastalıkları". Ankara: Türk Tabipleri Birliği Yayınları.
- [28] Öztürk A, Çımrın AH, Tür M. ve Güven R. (2012). "Kuartz ve Feldspat Değirmenlerinde Çalışanlarda Silikoz Sıklığı ve Silikoz ile İlişkili Faktörler". Tüberküloz ve Toraks Dergisi, 60 (3), 224-229.
- [29] Moitra, S, Puri, R, Paul, D, and Huang, Y.C. (2015). "Global Perspectives of Emerging Occupational and Environmental Lung Diseases". Curr Opin Pulm Med, 21 (2), 114-200.
- [30] Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2002). "Crystalline Silica Exposure Health Hazard Information". Osha Fact Sheet.
- [31] Barber CM, Fishwick D, Carder M, van Tongeren M vd, (2019). "Epidemiology of Silicosis: Reports From the SWORD Scheme in The UK From 1996 to 2017". Occup Environ Med 76, 17- 21.
- [32] Balmes, J.R. "Occupational Lung Diseases". J. LaDOU and R. HARRISON (Ed.). Current Occupational & Environmental Medicine (362-387). New York: McGraw-Hill Education LLC.
- [33] David A. (2012). "Pneumoconiosis". In: Stellman JM, ed. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, Online ed. Geneva: International Labor Office.
- [34] Skowroński M, Halicka A. and Barinow-Wojewódzki A. (2018). "Pulmonary Tuberculosis in a Male with Silicosis". Adv Respir Med, 86 (3), 121-125.
- [35] Ziskind M, Jones RN, Weill H. (1976). "Silicosis: The American Review of Respiratory Disease". 113 (5), 643-65.
- [36] Yang H, Yang L, Zhang J, Chen J. (2006). "Natural Course of Silicosis in Dust-Exposed Workers". Journal of Huazhong University of Science and Technology Medical Sciences, 26 (2), 257-60.
- [37] Atabey, E. (2008). "Türkiye'de Sağlık Riski Oluşturan Krizotil ve Amfibol Asbest ile Eriyonit Minerali İçeren Kayaların Dağılımı" 1-3.
- [38] Arseven, F, Yavuzarslan, G.Z, Kocabeyoğlu, M, Üzel, Z, Çetinceli, Z. ve İnam, H.M, (2005). "Asbest ve Asbestli Malzeme İle Üretim Yapılan İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Proje Teftişi" ÇSGB İş Teftiş Kurulu, Ankara.

- [39] Banduch, I. and Libner, L. (2012). “Orta ve Doğu Avrupa Ülkelerinde Asbest Bağlantılı Mesleki Hastalıklar Özet”, Avrupa’da Asbest Faciası Oturumu, Kooperationsstelle Hamburg IFE.
- [40] Şahan, R. (2015). Asbest Maruziyetinin İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gedik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [41] Pekdemir, H. (1999). Çevresel Asbest Maruziyetine Bağlı Plevral Kalsifikasyonları Olan Hastalarda Kardiyak Fonksiyonların Noninvaziv Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Malatya.
- [42] Roe O.D. and Stella G.M. (2015). “Malignant Pleural Mesothelioma: History, Controversy and Future of a Manmade Epidemic”. *Eur Respir Rev*, 24 (135), 115-131.
- [43] Nakladalova M. (2000). “Byssinosis”. *Acta Univ Palacki Olomuc Fac Med*, 143, 43-46.
- [44] Sichletidis L, Antoniadis A, Kakoura M, Chloros D. (2004). “Prevalence of Byssinosis in a Textile Mill in Northern Greece”. *Arch Environ Health*, 59 (11), 617.
- [45] Toren, K, Brisman, J, Olin, A.C. and Blane, P.D. (2000). “Asthma on the Job: Work Related Factors in New Onset Asthma and in Exacerbations of Preexisting Asthma”. *Respir Med*, 94, 529-535.
- [46] Latza, U. ve Baur, X. (2005). “Occupational Obstructive Airway Diseases in Germany: Frequency and Causes in an International Comparison”. *American Journal Of Industrial Medicine*, 48, 144-152.
- [47] Kendirlihan, R. (2015). “Astım, Meslek ve İş Yeri İlişkisi”. Erişim adresi: https://www.solunum.org.tr/TusadData/Book/327/125201514579-11_Bolum_10_Meslek.pdf (Erişim tarihi: 20.12.2021).
- [48] Tozla Mücadele Yönetmeliği. (2013). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Resmi Gazete. 5/11/2013, 28812.
- [49] Kayınova, A. (2020). “Çimento Sektöründe Toza Bağlı Mesleki Sağlık Sorunlarının İzlemi Rehberi”. Çimento Endüstrisi İşverenleri Sendikası, Ankara.
- [50] A Dictionary of Epidemiology. (2001). “4 ed. Oxford University Press”. Erişim adresi: <http://irea.it/files/site1/pages/dictionary.pdf> (Erişim tarihi: 21.12.2021).
- [51] Hierarchy of Controls. (2015). “National Institute for Occupational Safety and Health National Institute for Occupational Safety and Health”. Erişim adresi: www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html (Erişim tarihi: 01.12.2021).
- [52] World Health Organization, (1999). “Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust”. Geneva.

[53] Kir, Ö. (2017). Otomobil Bakım Servislerinde Toz Risklerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[54] Hubbs A, Greskevitch M, Kuempel E, vd. (2005). “Abrasive Blasting Agents: Design Studies to Evaluate Relative Risk”. Journal of Toxicology and Environmental Health, 68, 999-1016.

[55] Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik. (2013). Resmi Gazete. 02/07/2013, 28695.

[56] Dizdar, E.N. (2008). “İş Güvenliği”. Trabzon: Murathan Yayınevi.

[57] Safe Work Australia. (2020). “Health Monitoring Guide for Crystalline Silica”. Erişim adresi: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/book/crystalline-silica-health-monitoringguide> (Erişim tarihi: 12.12.2021).

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE TERMAL OLMAYAN TEKNİKLER

Berna CAPAN*¹ Aytunga BAĞDATLI²

Accepted: 2022-12-13
DOI: 10.47118/somatbd.1148105

ÖZET

Geleneksel gıda muhafaza yöntemleri, mikrobiyal yükün azaltılmasında ve gıda kalitesinin korunmasında çeşitli dezavantajlar ile sınırlamalar göstermektedir. Termal olmayan teknikler fizikokimyasal, besinsel ve duyuşal değişiklikleri minimuma indirerek et ve et ürünlerinde raf ömrünü arttırmak için alternatif yöntemler olarak kabul edilebilmektedir. Aynı zamanda bu yöntemlerin kombine uygulamasının da, gıda endüstrisinde potansiyel bir alternatif olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle bu derleme çalışmasında et ve et ürünlerinde ürün kalitesini iyileştirme ve verimi artırma potansiteli olan vurgulu elektrik alan, vurgulu (atımlı) ışık, ultrases uygulamaları ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Vurgulu elektrik alan, vurgulu (atımlı) ışık, ultrases, termal olmayan uygulamalar

NON-THERMAL TECHNIQUES IN MEAT AND MEAT PRODUCTS

ABSTRACT

Conventional food preservation methods show several disadvantages and limitations in reducing microbial load and maintaining food quality. Non-thermal techniques can be considered as alternative methods to increase the shelf life of meat and seafood products by minimizing physicochemical, nutritional and sensory changes. At the same time, the combined application of these methods is thought to be a potential alternative in the food industry. Therefore, in this review study, pulsed electric field, pulsed (pulsed) light, and ultrasound applications, which have the potential to improve product quality and increase yield, are discussed in meat and meat products.

Keywords: Pulsed electric field, pulsed (pulsed) light, ultrasound, non-thermal applications

GİRİŞ

Isıl işlem uygulamaları, gıda güvenliğini ve kalitesini arttırmak için uzun yıllardır kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler, ürünün kalitesini düşüren istenmeyen fizikokimyasal, besinsel ve duyuşal değişikliklere neden olabilmektedir (Rosario ve ark., 2021). Günümüzde, besleyici, organoleptik açıdan tatmin edici ve mikrobiyolojik olarak güvenli minimum düzeyde işlenmiş gıdalara yönelik artan talepleri karşılamak için ısıl işlem uygulamalarına alternatif yöntemler giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Heinrich ve ark., 2015).

¹ Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, bernacapan@hotmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, aytunga.bagdatli@cbu.edu.tr

Termal olmayan teknikler, düşük işlem sıcaklıkları, verimli enerji kullanımı, gıda kalitesinin (renk, tat, tat ve besin değeri) korunması ve kaliteyi bozan enzimler ile bozulmaya neden olan mikroorganizmaların inaktivasyonu gibi ısı işlem uygulamalarına göre çeşitli avantajlar sunmaktadır (Syed ve ark., 2017). Bu nedenle, gıda işlemede termal olmayan teknolojiler son yıllarda yoğun bir şekilde araştırılmaktadır (Zhang ve ark., 2018). Termal olmayan teknolojiler arasında vurgulu elektrik alan, vurgulu ışık ve ultrases teknolojisi gibi teknolojiler bulunmaktadır. Bu teknolojiler tek başına kullanılabildiği gibi diğer teknolojilerle birlikte kombine olarak da kullanılabilir.

1. Vurgulu Elektrik Alan

“Atımlı”, “darbeli” elektrik alan, “yüksek voltaj elektrik alan” uygulamaları olarak da belirtilmektedir (Özcan ve Kurtuldu, 2011). Daha çok sıvı gıdalarda başarılı olmaktadır. Meyve suları, süt, yoğurt, çorbalar ve sıvı yumurtaların pastörizasyonu için yaygın olarak kullanılmıştır. Bu yöntemde sıvı ürünlerdeki parçacık büyüklüğünün iki elektrot arasındaki açıklıktan küçük olması gerektiği bildirilmektedir (Kaletunç, 2009).

Vurgulu elektrik alan teknolojisi, gıda kalitesi üzerinde minimum zararlı etki yaratırken mikrobiyal inaktivasyon için kısa elektrik darbelerinin kullanılmasını içeren, termal olmayan bir gıda koruma yöntemidir. Bu teknoloji, tüketicilere yüksek kaliteli gıdalar sağlamak için büyük bir avantaja sahiptir. Vurgulu elektrik alan teknolojisi gıda kalitesi ve beslenmesindeki zararlı değişiklikleri azalttığı ve gıdanın fiziksel ve duyuşal özelliklerini koruduğu için ısı işlem yöntemlerine göre üstünlükleri bulunmaktadır (Syed ve ark., 2017).

1.1. Vurgulu Elektrik Alan Teknolojisinin Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi

Mikrobiyal direncin logaritmik fazın başlangıcında ve durağan fazda en yüksek seviyede olduğu bildirilmektedir (Sağdıç ve ark., 2009). Vurgu süresi ve sayısının artması mikrobiyal inaktivasyonu arttırmaktadır (Temiz ve ark., 2008).

Genel olarak Vurgulu Elektrik Alan uygulamasının mikroorganizmalar üzerine etki mekanizmasını açıklayan teoriler: (Güleç, 2006)

- Dielektrik parçalanma teorisi
- Ozmotik denge bozulması teorisi
- Hidrofobik ve hidrofilik por oluşumu teorisi
- Yapısal değişim teorisidir.

Bu değişimler sonucunda;

- Hücre zarı hasara uğramakta
- Hücre içindeki maddeler hücre dışına çıkmakta
- Hücredeki proteinler hasar görmektedir. Böylece hücre inaktivasyonu gerçekleşmektedir (Özcan ve Kurtuldu, 2011).

Vurgulu Elektrik Alan uygulaması ile mikroorganizmaların inaktivasyonunu etkileyen faktörler üç grup altında toplanabilir: (Güleç, 2006; Demirdöven ve Baysal, 2008)

- Mikroorganizmaya Bağlı Olan Parametreler (mikroorganizmanın türü, konsantrasyonu, hücrelerin gelişme aşaması ve hücre büyüklüğü)
- İşlem Koşullarına Bağlı Faktörler (elektrik alan şiddeti, işlem süresi, vurgunun dalga şekli ve işlem sıcaklığı)
- Ürüne Bağlı Faktörler (iletkenlik, iyonik güç, sıcaklık, pH ve antimikrobiyaller) olarak sıralanabilir.

Vurgulu Elektrik Alan teknolojisi *E.coli*, *S.cerevisiae*, *Candida*, *Klebsiella*, *L. brevis*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *S. thermophilus*, *L. plantarum* gibi mikroorganizmaların inaktivasyonunda başarıyla kullanılabilir (Demirdöven ve Baysal, 2008; Yangılar ve Kabil, 2013). Bolton *et al.* (2002) yaptıkları çalışmada Vurgulu Elektrik Alan tekniğinin burger etlerindeki *E. coli O157:H7* inaktivasyonunu sağladığını bildirmişlerdir.

1.2. Vurgulu Elektrik Alan Teknolojisinin Et ve Et Ürünlerinde Kullanımı

Vurgulu elektrik alan uygulamalarının (1.4 kV/cm, 10 Hz, 20 µs, 300 ve 600 puls) etin kalite özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada sığır eti (*Longissimus thoracis et lumborum*) kullanılmıştır. Ölüm sonrası farklı zamanlarda (2., 10., 18. ve 26. gün) uygulanan vurgulu elektrik alan uygulamalarının sığır eti örneklerinin sertliğini azaltmaya yönelik bir eğilim gösterdiği ancak vurgulu elektrik alan uygulamasının olgunlaşmanın sağladığı yumuşama sürecini etkilemediği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada gerçekleştirilen duyu değerlendirmede panelistlerin %60'ı vurgulu elektrik alan ile muamele edilmiş örnekleri daha gevrek olarak değerlendirmişlerdir (Arroyo ve ark., 2015).

Vurgulu elektrik alan uygulamasından (0,2-0,6 kV/cm, 1-50 Hz, 20 µs) sonra vakum olgunlaştırmanın (1 ve 3 gün) sığır etinin (*Longissimus thoracis*) kalite özellikleri üzerindeki etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada pH, renk stabilitesi (L^* , a^* ve R630/580 değerleri) ve pişirme kaybının vurgulu elektrik alan işlemlerinden etkilenmediğini, nem içeriğinin ise %0.7-3.6 oranında istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Vurgulu elektrik alan uygulanmış ve uygulanmamış örnekler arasında kesme kuvvetinde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı bildirilmiştir. Vurgulu elektrik alan uygulamasının daha fazla su kaybına neden olan daha gözenekli doku yapısına yol açtığı rapor edilmiştir. Protein profilinin ise vurgulu elektrik alan uygulamasıyla değişmediği bildirilmiştir (Faridnia ve ark., 2014).

Vurgulu elektrik alan uygulamasının sığır etinin (*Biceps femoris* ve *Semitendinosus*) duyu ve fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada taze ve donmuş çözülmüş etler 0,8-1,1kV/cm elektrik alan yoğunluğunda, 20µs darbe genişliğinde, 50Hz frekansta ve 130kJ/kg enerji yoğunluğunda vurgulu elektrik alan ile muamele edilmiş ve bu örneklerde yapılan uygulamanın etin gevrekliğini ve rengini iyileştirdiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, vurgulu elektrik alan uygulanan dondurulmuş örneklerde yağ oksidasyonu ve doymuş yağ asitlerinin artışı daha belirgin bulunmuştur (Kantono ve ark., 2019).

2. Vurgulu (Atımlı) Işık

Vurgulu ışık yönteminde, infrared bölgeye yakın olan UV bölgedeki geniş spektrumlu dalga boyları (200 nm – 1000 nm) kullanılmaktadır. Sterilize edilecek yüzey yaklaşık olarak yüzeyde 0,01 - 50 J/cm² enerji yoğunluğuna sahip en az 1 atımlı ışığa maruz bırakılmakta, bu durumda 170-2600 nm arasında değişen dalga boyu dağılımının kullanılması gerekmektedir.

Atımların süresi 1 µs ile 0,1 s arasında değişip saniyede 1-20 flaş uygulanmaktadır (Karadağ ve ark., 2008; Yangılar ve Kabil, 2013; Açu ve ark., 2014).

2.1. Vurgulu Işık Teknolojisinin Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi

Vurgulu ışık teknolojisi, hem laboratuvar koşullarında hem de farklı gıdalarda çeşitli patojenik ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaları inaktive etmek için kullanılabilen ve kalite özellikleri üzerinde minimum etki ile sonuçlanan gelişen teknolojilerden biridir. Kısa süreli - yüksek güçlü ışık darbelerinin, fotokimyasal, fototermal ve fotofiziksel mekanizmaların bir kombinasyonu ile mikroorganizmaları inaktive etmek için yeterince güçlü olduğu kanıtlanmıştır. UV ışığının bakteriler üzerindeki antimikrobiyal etkisi esas olarak, DNA'da yapısal değişikliklere yol açan proteinler ve nükleik asitlerdeki konjuge karbon-karbon çift bağları tarafından radyasyon absorpsiyonuna dayanmaktadır (John ve Ramaswamy, 2018).

2.2. Vurgulu Işık Teknolojisinin Et ve Et Ürünlerinde Kullanımı

Patojenik ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalara karşı termal olmayan teknoloji olan vurgulu ışık, et ve et ürünlerinin dekontaminasyonunda kullanılabilir (Heinrich ve ark., 2016).

Yüksek yoğunluklu vurgulu ışık teknolojisinin (3 Hz, maksimum 505 J/darbe ve 360 µs darbe süresi) çığ tavuk ve ilgili ambalaj ve yüzey malzemelerinin dekontaminasyonu için etkinliğinin incelendiği bir çalışmada ambalaj malzemelerine ve temas yüzeylere inoküle edilen *Campylobacter jejuni*, *E. coli* ve *Salmonella Enteritidis*'in 5 saniyelik yüksek yoğunluklu vurgulu ışık işleminden sonra sırasıyla 3.56, 4.69 ve 4.60 log₁₀ kob/cm²'lik azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. İnoküle edilen tavuk derisi üzerindeki en büyük azalmalar sırasıyla *C. jejuni*, *E. coli* ve *Salmonella Enteritidis* için 1.22, 1.69 ve 1.27 log₁₀ kob/g olarak tespit edilmiştir. Derisiz göğüs etinde karşılık gelen azalmaların ise 0.96, 1.13 ve 1.35 log₁₀ kob/g düzeyinde olduğu bildirilmiştir. Bu çalışma, yüksek yoğunluklu vurgulu ışık teknolojisinin ambalaj ve yüzey malzemelerinin dekontaminasyonu için etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. Ek olarak, paketlenmiş tavuk için de dekontaminasyon yöntemi olarak kullanılma potansiyelini göstermiştir (Haughton ve ark., 2011).

Hierro ve ark. (2011) tarafından vurgulu ışık teknolojisinin tüketime hazır pişmiş et ürünlerinin mikrobiyal kalitesini ve güvenliğini artırmak için yapılan bir çalışmada vakumla paketlenmiş jambon ve bologna dilimlerinin yüzeyine *Listeria monocytogenes* inoküle edilmiş ve 0.7, 2.1, 4.2 ve 8.4 J/cm² yoğunluğunda vurgulu ışık işlemi uygulanmıştır. 8.4 J/cm²'de yapılan uygulama sonucunda pişmiş jambon örneklerinde *L. monocytogenes*'i 1,78 kob/cm² ve bologna örneklerinde ise 1,11 kob/cm² düzeyinde azaltmıştır. Vurgulu ışık teknolojisinin lipid oksidasyonu ve duyuşal özellikler üzerindeki etkisi araştırıldığında örneklerin 2-tiobarbitürik asit değerlerinin çok düşük olduğu ve kromatiklik parametrelerinin pişmiş et ürünleri için bildirilen normal değerler içerisinde olduğu tespit edilmiştir. 8.4 J/cm² yoğunluğunda uygulanan vurgulu ışık, pişmiş jambonun duyuşal kalitesini etkilemezken, 2.1 J/cm²'nin üzerindeki uygulamaların bologna örneklerinin duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir. Jambon örneklerine vurgulu ışık ve vakumlu paketleme kombinasyonun, yalnızca vakumlu paketlemeye kıyasla 30 günlük ek raf ömrü sağladığı tespit edilmiştir. Bologna örneklerinin ise vurgulu ışık teknolojisi ile raf ömründe artış olmadığı raporlanmıştır.

Rajkovic ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada dilimlenmiş fermente salamın hem vakum hem de modifiye atmosferde paketlenmiş örnekleri, paketlenmeden önce vurgulu ışık ile işleme tabi tutulmuş ve 9 hafta boyunca buzdolabında saklama koşulları altında tutulmuştur. Hem kontrol grubu örnekler hem de vurgulu ışık ile işlenmiş fermente salam dilimleri, ilk gün ve 3, 6 ve 9 haftalık soğuk depolamadan sonra lipid oksidasyon değişiklikleri için incelenmiştir. Vurgulu ışık işleminden hemen sonra, soğuk depolamanın ilk gününde, vakumda tutulan kuru fermente salam örneklerinin malondialdehit (MDA) konsantrasyonunda önemli bir fark tespit edilmemiştir. Modifiye atmosferde tutulan salam için de benzer sonuçlar bildirilmiştir. Her üç salam grubunda (kontrol, 3 J/cm² işlenmiş ve 15 J/cm² işlenmiş) hem vakumda hem de modifiye atmosferde tutulan salamdaki malondialdehit konsantrasyonu, soğuk depolama sırasında sürekli olarak artmış, ancak depolamanın ilk gününden sonra elde edilen değerlere kıyasla sadece 9 haftalık depolamadan sonra istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmiştir. En yüksek malondialdehit konsantrasyonu (1.23mg MDA/kg), 9 haftalık depolama süresi sonunda tüketime hazır kuru fermente salam örneklerinde (modifiye atmosfer, 15 J/cm² ile muamele edilmiş) tespit edilmiştir.

3. Ultrases (Sonikasyon)

Ultrases teknolojisi mekaniksel nitelikte, ısısal olmayan, emniyetli ve etkili olan ekstrakt üretimi ve hücre parçalanması için kullanılabilen bir gıda işleme metodudur (Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006; Demirdöven ve Baysal, 2008). Bu yöntem, saniyede 20 000 veya daha fazla ses dalgasının titreşimi ile oluşan enerji türü olarak tanımlanmaktadır (Karadağ ve ark., 2008).

Ultrases 20 kHz'in üzerinde bir frekansta yayılan, kimyasal reaksiyonları hızlandırmakta ve/veya gıdanın mikro yapısında değişikliklere neden olan mekanik dalga kategorisine ait ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır. Bu teknoloji, etin tuzlanmasında ve pastırma, sosis, pişmiş jambon, salam ve bologna gibi ürünlerde su tutma kapasitesi, renk, enstrümantal doku ve duyuusal kabulü iyileştirilebilmesi amacıyla kullanılabilir (Barretto ve ark., 2022).

Ultrases teknolojisinin gıda endüstrisinde kullanım alanları;

- Sıvı gıdalarda degassing işleminde,
- Oksidasyon/reduksiyon reaksiyonlarının indüklenmesinde,
- Enzimlerin inaktivasyonunda
- Manotermosonikasyon ile ısıya dirençli enzimlerin inaktive edilmesinde
- Gıdaların yüzey temizliğinin sağlanmasında,
- Ultrasonik olarak destekli ekstraksiyon, kristalizasyonun indüklenmesinde
- Emülsifikasyon, filtrasyon, kurutma ve dondurma prosesleri olarak sıralanabilmektedir (Karadağ ve ark., 2008).

3.1. Ultrases Teknolojisinin Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi

Ultrasesin mikrobiyal inaktivasyon mekanizmasıyla ilgili farklı teoriler olmakla birlikte kavitasyonun ana etken olduğu kabul görmektedir.

Genel olarak ultrasesin inaktivasyon etkisinin;

- Hücre membranlarındaki hasar
- Bölgesel ısınma
- Serbest radikal oluşumundan kaynaklandığı yorumlanmaktadır (Dinçer ve Topuz, 2018).

3.2. Ultrases Teknolojisinin Et ve Et Ürünlerinde Kullanımı

Ultrases teknolojisi et ve et ürünlerinde kütle transferi ve marinasyon, etin yumuşatılması, mikroorganizmaların inaktivasyonu gibi prosesleri iyileştirmek için başarıyla kullanılmaktadır (Aларcon-Rojo ve ark., 2019).

Etin yumuşaklığının sağlanmasında, yüksek yoğunluklardaki ultrases, hücresel ve alt hücresel bileşenleri bozabilmekte ve akustik basıncın periyodik salınımı ile hücre zarlarının yumuşamasına neden olmaktadır. Doku tahribi, proteinlerin, minerallerin ve diğer bileşenlerin yerini değiştirmekte ve bunun sonucunda enzim aktivitesinin hızlanması sağlanmaktadır (Aday, 2021).

İşlenmiş sığır etine uygulanan ultrasesin, tekstürü geliştirdiği ve pişirme verimini arttırdığı saptanmıştır. Üstelik ultrases uygulanan etlerde, tuz eklenmeksizin daha kırmızı renk ve daha taze kas görüntüsü elde edildiği bildirilmektedir. Ultrases ile muamele edilmiş etlerde kas liflerinin kolayca ayrıldığı belirtilmiştir (Reynolds ve ark., 1978). Tüm kas kesiti üzerine gerçekleştirilen deneyler sonucunda; ultrasesin kas liflerinin mekanik parçalanmasına ve bağ dokunun daha kolay kopmasına sebep olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle ultrasesin ette gevrekleştirici etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Vimini ve ark., 1983; Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006).

Alves ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada 500 W güç ve 25 kHz frekansta 0, 3, 6 ve 9 dakika boyunca ultrases uygulanan İtalyan salamındaki ağırlık kayıpları değerlendirilmiştir. Çalışmada ultrases kullanılmayan ürüne göre ağırlıkta önemli bir fark olmadığı bildirilmiştir.

McDonnell ve ark. (2014) tarafından domuz etinde yapılan bir çalışmada ise 10, 25 ve 40 dakika boyunca 20 kHz'de 4,2, 11 ve 19 W.cm² yoğunlukta uygulanan ultrases işleminin protein ekstraksiyonunda artışa neden olduğu, ancak kontrol örneği (ultrason olmadan) ile karşılaştırıldığında su tutma kapasitesinde farklılık olmadığı bildirilmiştir.

Got ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada ultrasonik yöntemlerle işlenmiş jambon örneklerinde; kopma gücünün oldukça fazla olduğu, çok daha iyi bir pişirme verimine sahip olduğu, daha açık bir kas yapısına sahip olduğu ve miyofibriler protein ekstraksiyonunun daha kolay gerçekleştiği rapor edilmiştir (Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006).

Bao ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada ultrases ön işleminin kuru kürlenmiş yak etinin kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amaçlanmıştır. Çalışmada 0, 200, 300 ve 400 W (20 kHz ultrasonik frekans) ile ultrasonik güç uygulanmıştır. Sonuç olarak, ultrases uygulanan grubun nem içeriğinin ve sertlik değerinin kontrol grubuna göre önemli ölçüde düşük olduğu bildirilmiştir. Ultrases işlemi örneklerin *b** değerini artırmış ve *L**, *a**, pH, çignenebilirlik, erime sıcaklığı ve entalpi değerini düşürmüştür. Esneklik değeri, kontrol grubundan 300 W ultrasonik güç grubuna önemli ölçüde artmıştır. Ultrasonik gücün artmasıyla kesme kuvvetinin önemli ölçüde azalığı bildirilmiştir. Ultrases teknolojisinin TVB-N içeriği üzerinde hiçbir etkisi olmadığı, ancak TBARS içeriğini artırabildiği bildirilmiştir. Ultrasonik gücün artmasıyla doymuş yağ asidi içeriği önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Ultrases uygulamasının etin rengini, kokusunu ve tadını olumsuz etkilediği, ancak gevrekliğini ve genel olarak kabul edilebilirliğini artırdığı bildirilmiştir. Çalışmada uygun ultrasonik gücün, özellikle

300 W gücünde olduğu, bu parametrenin kuru kürlenmiş yak etinin kalitesini iyileştirdiği vurgulanmıştır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Termal olmayan teknolojiler, yüksek kaliteli ve güvenli gıda ürünleri üretme potansiyeline sahiptir. Bu teknolojilerin kombine olarak kullanması ile et ve et ürünlerinde fizikokimyasal, besinsel ve duysal zararlar en aza inerek, patojenik ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalar da azaltılabilmektedir. Söz konusu teknolojilerin tek başına ve/veya kombine olarak uygulanması durumunda her bir ürün için optimizasyon çalışmalarının da gerçekleştirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Gelecek yıllarda endüstriyel ölçekli ekipmanların üretilmesi, standartların geliştirilmesi ve tüketicilerin ısı olmayan işleme konusundaki yanlışlarının düzeltilmesi ile birlikte termal olmayan tekniklerin endüstriyel olarak geniş bir uygulama alanı bulabileceği düşünülmektedir. Ancak, bunun için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

5. KAYNAKLAR

Açu, M., Yerlikaya, O. ve Kımık, Ö. (2014) Gıdalarda Isıl Olmayan Yeni Teknikler ve Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 14: 23-35.

Aday, M. S. (2021) Ultrasesin Gıda İşleme Ve Muhafazasında Kullanımı. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(3), 661-684.

Alarcon-Rojo, A. D., Carrillo-Lopez, L. M., Reyes-Villagrana, R., Huerta-Jiménez, M., & Garcia-Galicia, I. A. (2019) Ultrasound and meat quality: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 369-382.

Arroyo, C., Lascorz, D., O'Dowd, L., Noci, F., Arimi, J., & Lyng, J. G. (2015) Effect of pulsed electric field treatments at various stages during conditioning on quality attributes of beef longissimus thoracis et lumborum muscle. *Meat Science*, 99, 52-59.

Bao, G., Niu, J., Li, S., Zhang, L., & Luo, Y. (2022) Effects of ultrasound pretreatment on the quality, nutrients and volatile compounds of dry-cured yak meat. *Ultrasonics Sonochemistry*, 82, 105864.

Barretto, T. L., Sanches, M. A. R., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., Telis-Romero, J., & da Silva Barretto, A. C. (2022) Recent advances in the application of ultrasound to meat and meat products: Physicochemical and sensory aspects. *Food Reviews International*, 1-16.

Bayraktaroğlu, G. ve Obuz, E. (2006) Ultrasound Yönteminin İlkeleri ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu.

Bolton, D.J., Catarama, T., Byrne, C., Sheridan, J.J, McDowell, D.A. and Blair, I.S. (2002) The ineffectiveness of organic acids, freezing and pulsed electric fields to control *Esherichia coli O157:H7* in beef burgers. *Letters in Applied Microbiology*, 34(2):139-143.

Demirdöven, A. ve Baysal, T. (2008) Meyve ve Sebze İşleme Sanayinde Yeni Uygulamalar. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.

de Lima Alves, L., da Silva, M. S., Flores, D. R. M., Athayde, D. R., Ruviaro, A. R., da Silva Brum, D., Batistai V.S.F., de Olivera Mello, R., de Menezes, C.R., Campagnol, P.C.B., Wagner, R., Barin, J. S. & Cichoski, A. J. (2018) Effect of ultrasound on the physicochemical and microbiological characteristics of Italian salami. *Food Research International*, 106, 363-373.

Dinçer, C., & Topuz, A. (2018) Meyve Suyu İşlemede Ultrases Kullanımı. *Gıda*, 43(4), 569-581.

Faridnia, F., Bekhit, A. E. D. A., Niven, B., & Oey, I. (2014) Impact of pulsed electric fields and post-mortem vacuum ageing on beef longissimus thoracis muscles. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(11), 2339-2347.

Got, F.; Culioli J.; Berge P.; Vignon X.; Astruc T.; Quideau J. M.; Lethiecq M.; Lethiecq M. (1999) Effect of high-intensity high-frequency ultrasound on ageing rate, ultrastructure and some physico-chemical properties of beef. *Meat Science*, 51,35-42.

Güleç, H. A. (2006) Modern Gıda Muhafazasında Vurgulu Elektrik Alan ve Ultrason Uygulamaları. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu.

Haughton, P. N., Lyng, J. G., Morgan, D. J., Cronin, D. A., Fanning, S., & Whyte, P. (2011) Efficacy of high-intensity pulsed light for the microbiological decontamination of chicken, associated packaging, and contact surfaces. *Foodborne Pathogens and Disease*, 8(1), 109-117.

Heinrich, V., Zunabovic, M., Bergmair, J., Kneifel, W., & Jäger, H. (2015) Post-packaging application of pulsed light for microbial decontamination of solid foods: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 30, 145-156.

Heinrich, V., Zunabovic, M., Varzakas, T., Bergmair, J., & Kneifel, W. (2016) Pulsed light treatment of different food types with a special focus on meat: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(4), 591-613.

Hierro, E., Barroso, E., De la Hoz, L., Ordóñez, J. A., Manzano, S., & Fernández, M. (2011) Efficacy of pulsed light for shelf-life extension and inactivation of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat cooked meat products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(3), 275-281.

John, D., & Ramaswamy, H. S. (2018) Pulsed light technology to enhance food safety and quality: a mini-review. *Current Opinion in Food Science*, 23, 70-79.

Kaletunç, G. (2009) Gıda Endüstrisinde Alışılmamış Yöntemler. *Bilim ve Teknik*, 60-63.

Kantono, K., Hamid, N., Oey, I., Wang, S., Xu, Y., Ma, Q., Faridnia, M. (2019) Physicochemical and sensory properties of beef muscles after Pulsed Electric Field processing. *Food Res. Int.* 121: 1-11.

Karadağ, A., Ömeroğlu, P.Y: ve Saner, S. (2008) Gıda Muhafazasında Yeni Teknolojilerin Kullanımı. Gıda Güvenliği Derneği

McDonnell, C. K., Allen, P., Morin, C., & Lyng, J. G. (2014) The effect of ultrasonic salting on protein and water-protein interactions in meat. *Food chemistry*, 147, 245-251.

Özcan, T. ve Kurtuldu, O. (2011) Sütün Raf Ömrünün Uzatılmasında Alternatif Yöntemler. U. Ü Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(1): 119-129.

Rajkovic A, Tomasevic I, De Meulenaer, B. and Devlieghere, F. (2017) *Food Control* 73 829-37.

Reynolds P., A. D. B., Schmdidt, G. R., Theno D. M. And Siegel D. G. (1978) Effect of ultrasonic treatment on building streangth in cured ham rolls. *Journal of Food Science* 1978, 43,866-869.

Rosario, D. K., Rodrigues, B. L., Bernardes, P. C., & Conte-Junior, C. A. (2021) Principles and applications of non-thermal technologies and alternative chemical compounds in meat and fish. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(7), 1163-1183.

Sağdıç, O., Ekici, L. ve Yetim, H. (2009) Gıdaların Muhafazasında Yeni Mikrobiyal İnaktivasyon Metodları. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.

Syed, Q. A., Ishaq, A., Rahman, U. U., Aslam, S., & Shukat, R. (2017) Pulsed electric field technology in food preservation: a review. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 6(6), 168-172.

Temiz, H., Tarakçı, Z. ve Aykut, U. (2008) Süt ve Ürünlerinde Mikroorganizmaları Azaltmada Alternatif Yöntemler. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.

Vimini, R. J., Kemp, J. D. And Fox, J. D. (1983) Effect of low frequency ultrasoud on properties of restructure beef rolls. *Journal of Food Science* 1983, 4, 1572-1573.

Yangılar, F. ve Kabil, E. (2013) Süt ve Süt Ürünlerinde Bazı Isıl Olmayan Mikrobiyal İnaktivasyon Yöntemleri. U.Ü Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(1): 97-108.

Zhang, Z. H., Wang, L. H., Zeng, X. A., Han, Z., & Brennan, C. S. (2019) Non-thermal technologies and its current and future application in the food industry: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(1), 1-13.

HAREKETLİ YÜZEYLER ARASINDA KULLANILAN YAĞLARIN ISI TRANSFERİ

Murat KAYA¹, Şükrü KAYA²

Accepted: 2022-12-27
DOI: 10.47118/somatbd.1146773

ÖZET

Makine yataklarındaki hareketli parçaların birbirleri ile olan yüzeysel sürtünmeleri sonucu aşınmalar meydana gelmektedir. Bu yüzeyler arasındaki aşınmaları en aza indirmek için yüzeyler arasında belirli bir viskoziteye ve ısı özelliklerine sahip kaygan sıvı olan yağ kullanılmaktadır. Hareketli parçaların hızına bağlı olarak yüzeyler arasında ve akışkanlıkta ısınmalar meydana gelmektedir. Çalışma esnasında, oluşan sıcaklık değişimleri, açığa çıkan ısı akışı ve akışkanın viskozite özellikleri incelenmiştir. Kızak levhaları arası mesafe $h=2$ mm olarak alınmıştır. Akışkanın ısı iletim katsayısı akışkan sıcaklığına bağlı olarak çok az değişse de burada sabit alınmıştır. Kızak hızının artışı doğal olarak sürtünmeyi artırmakta ve akışkan yağ sıcaklığı artış göstermektedir. Buna bağlı olarak da akışkanın ısı enerjisi artmaktadır. Sıcak akışkanın her iki yüzeyle temas halindedir. Burada sabit levha sıcaklığı hareketli levha yüzeyine göre daha düşüktür. Her iki yüzeyden çevreye transfer olan ısı yükü, farklı yüzey sıcaklıklarında ve çalışma şartlarına göre hesaplanmıştır.

Anahtar Kelime: viskozite, laminer akış, aşınma, sürtünme, ısı transferi.

HEAT TRANSFER OF OILS TO USE BETWEEN MOVING SURFACES

ABSTRACT

Abrasions occur as a result of the surface friction of the moving parts in the machine bearings with each other. In order to minimize the abrasions between these surfaces, oil, which is a slippery liquid with a certain viscosity and thermal properties, is used between the surfaces. Depending on the speed of the moving parts, heating occurs between the surfaces and in the fluid. During the study, the temperature changes, the heat flux and the viscosity properties of the fluid were investigated. The distance between the skid plates is taken as $h=2$ mm. Although the heat transfer coefficient of the fluid changes little depending on the fluid temperature, it is taken as constant here. The increase in the slide speed naturally increases the friction and the fluid oil temperature increases. As a result, the heat energy of the fluid increases. The hot fluid is in contact with both surfaces. Here, the fixed plate temperature is lower than the moving plate surface. The heat load transferred from both surfaces to the environment was calculated according to different surface temperatures and operating conditions.

Keywords: viscosity, laminar flow, wears, friction, heat transfer.

¹ Dr., Köşk Mah., Çatak Sok., Serra Ap., No: 30, Kayseri, mrtkaya@hotmail.com

² Köşk Mah., Çatak Sok., Serra Ap., No: 30, Kayseri, sukrukaya0610@hotmail.com

1- GİRİŞ

Teknolojinin getirdiği bütün mekanikleşmede karşılıklı çalışan ister sabit ister her ikisi hareketli parçalar olsun yüzeylerinde sürtünme ve bu nedenle de aşınma gerçekleşecektir. Bu aşınma mekanik alanda hacim değişimi ve fazladan kuvvet gerektirecektir. Bu nedenle de bu tür hareketli parçalar arasında yağ kullanılmaktadır. İki yüzey arasında laminer bir akış olarak ele alınan yağlama yağları, termodinamik özellikleri de göz önünde bulundurularak, çalışma süresi içerisinde ısınmalar meydana gelecek ve yüzeyler arasından ısı taşınım yoluyla soğutulması sağlanmaktadır.

Akhtar ve ark. (2008) [1], akışkanın çalışan mekanik yüzeyler arasında zamanla farklılaşarak benzersiz şekilde davrandığını belirtmiştir. Kobo ve Makinde (2010) [2], hidromanyetik yağlamanın kullanıldığı hareketli parçaların oluşturduğu makineler olmak üzere birçok endüstriyel ve mühendislik uygulamasındaki önemi nedeniyle değişken viskoziteli reaktif akışkan akışının analizini yapmışlardır ve çalışma süresi içerisinde farklılıklarından bahsetmişlerdir.

Seth et al. [3] gözenekli ortamda paralel bir plaka dönen dikey kanal içinde hapsedilmiş viskoz, sıkıştırılmaz, sıcaklığa bağlı ısı taşınım akışkanın kararsız hidromanyetik doğal konveksiyon akışını Laplace dönüşümü tekniği yardımıyla incelemiştir.

Al Juma et al. [4], gözenekli ortam içerisinde bir küre etrafındaki mikropolar sıvının serbest konvektif akışıyla ısı ve kütle transferi üzerindeki Soret ve Dufour [5] etkilerini incelemiştir.

Mirza et al. [6] bir Couette akışı gözenekli ortam mikro kanalını analitik olarak değerlendirenken, Ajibade ve Umar [7] karışık konveksiyon Couette akışını analitik olarak incelemiş ve viskoz yayılımın sıcaklık dağılımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır. Shabbir et al. [8], Couette akış halkalı mikro kanal için analitik çözümler türetmiş ve sıcaklık profiline doğru viskoz yayılımın etkilerini göstermiştir.

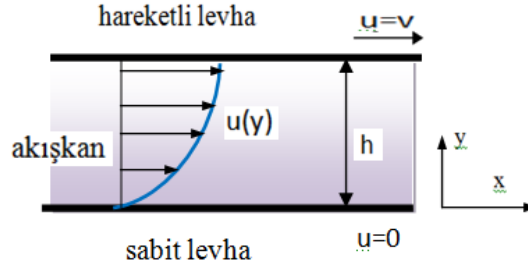
Le [9], Couette mikro akışı üzerine yapmış olduğu çalışmada, viskoz yayılımının sıcaklık dağılımını beraberinde sağladığını göstermiştir.

Morini [10], çalışmadan kaynaklanan viskoz akıştaki kuvvetlerin üstesinden gelmek için akışkan hareketi nedeniyle ısı oluştuğunu ve bu ısı akışkan sıcaklığında bir artışa neden olduğunu açıklamıştır. Kelkar ve Patankar [11], paralel iki levha arasındaki akışı laminer ve yüzey sıcaklığını sabit kabul ederek ısı transferini periyodik akış şartlarında incelemiştir.

2- MATERYAL METOT

Çalışmada bir sabit diğeri hareketli iki levha alınmıştır. Levhalar arası 2 mm mesafede sabit tutulmuştur. Akışkan olarak sıvı yağ kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı ve çalışma sonrası sıcaklıklar ölçülmüştür. Çalışma süresince akış daimi, paralel, x yönünde kabul edilmiştir. Akışkan ısı iletim yönü y yönünde alınmıştır. Akış sıkıştırılmaz ve izotermaldir bu nedenle de yoğunluk ve viskozitesi sabit kabul edilmiştir. Her şeyden önce levhalar arasında kullanılan kaydırıcı yağların özelliklerinin başında uygun viskoziteye sahip olması, pasa ve korozyona karşı koruma, köpüklenmemesi, su ve hava karışımı olmaması, oksidasyon direncinin yüksek olması gibi özellikleri bulundurulması istenmektedir. Sanayide bu amaçla kullanılan birçok kızak yağlama yağı bulunmaktadır. İyi bir yağ yüksek oranda rafine edilmiş mineral yağlardan olmalıdır.

Yataklara tutunma, aşınma önleme ve kayma önleme özelliklerini artırıcı katıklar ile bileşiminden üretilmiş olmalıdır. Kullanılan akışkan 20 C de sıcaklığında, yağın viskozite (0,8 Ns/m²), yoğunluk (892 kg/m³), Isı iletim katsayısı (0,145 W/m-K) dir.



Şekil 1. Alt levha sabit iken üst levha hareketli şematik diyagram

3- MATEMATİKSEL FORMÜLLER

Çalışmada birbirine paralel iki levha arasındaki laminer zorlanmış konveksiyon maruz kalmış akışkanın ısı akısının çevreye transferi hesaplanmıştır. Newton tipi akışkanlarda süreklilik arz eden sıkıştırılmaz, izotermal, laminer (viskoz) akışlar için denklem kartezyen koordinatlarda aşağıdaki gibi yazıp gerekli kabuller q sabit ve v=0 için uygulanırsa denklem aşağıdaki gibi yazılır [12]

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} \quad (1)$$

süreklilik eşitliğinden gerekli kabullerden sonra $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$ olur.

Bu ifade u'nun x'e göre değişim hızının ya da türevinin sıfır olduğunu yani, u'nun x'e göre değişim sergilemediğini göstermektedir.

İki boyutlu sürekli rejimde $v=0$, $\frac{\partial u}{\partial x}=0$ ve $x=0$ değerlerinde

$$0 = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (2)$$

(2) eşitliğinde Couette akış hareketi üst levhanın alt levhaya göre hareketini sağlayan bir dış kuvvet uygulamaktadır. Bu nedenle $\frac{\partial p}{\partial x} = 0$ olur. Viskozite sabit kabul edilirse momentum eşitliği.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad (3)$$

Hız dağılımı (3) eşitliği ile belirlenir. Bu eşitliğin iki kez entegrali alınır ise

$$\frac{\partial u}{\partial y} = C_1 \quad (4)$$

$u(y) = C_1 y + C_2$ bulunur. Levhalar arasında sınır şartlarında ise

$$u(y) = \frac{y}{h} u \quad (5)$$

Akış bir hareketli diğeri sabit iki levha arasında ise ve levhalar sabit sıcaklıkta iseler sıcaklık alanı tam gelişmiş olur. Bu durumda $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$, dir. Isı iletim katsayısı (k) sabit ise enerji denklemi

$$k \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 = 0 \quad (6)$$

(6) denklemin çözümünden sıcaklık dağılımı belirlenir. Hız dağılımı (6) de yerine konur ise

$$k \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = -\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 = \mu \left(\frac{U}{h} \right)^2 \quad (7)$$

denklem (7) düzenlenirse

$$T(y) = -\frac{\mu}{2k} \left(\frac{U}{h} \right)^2 y^2 + C_3 y + C_4 \quad (8)$$

Belirli sınır şartlarında akışkan içersinde oluşabilecek sıcaklık ise

$$T(y) = T_0 + \frac{\mu}{2k} U^2 \left[\frac{y}{h} - \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right] + (T_h - T_0) \frac{y}{h} \quad (9)$$

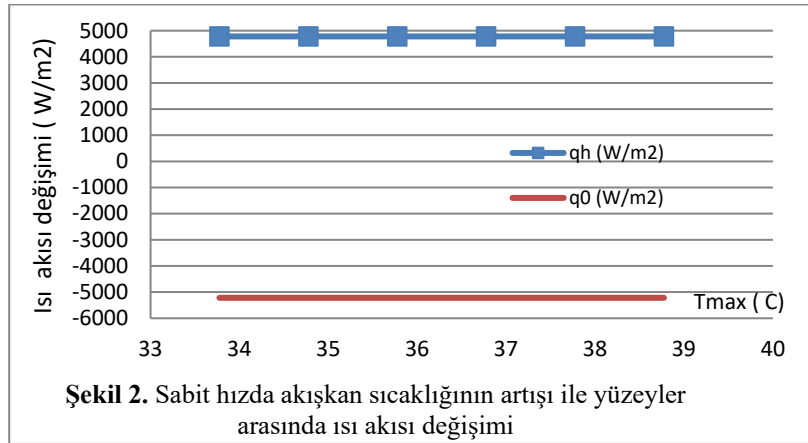
Hareketli levhalarda sıcaklık dağılımı levha hızının bir fonksiyonudur. Levhaların çevreye olan ısı akısı Fourier denklemi ile belirlenir ise

$$q_y'' = -k \frac{dT}{dx} = -k \left[\frac{\mu}{2k} U^2 \left(\frac{1}{h} - \frac{2y}{h^2} \right) + \frac{T_h - T_0}{h} \right] \quad (10)$$

iki levha yüzeyleri arasında belirli sınır şartlarında ısı akısı ifadesi

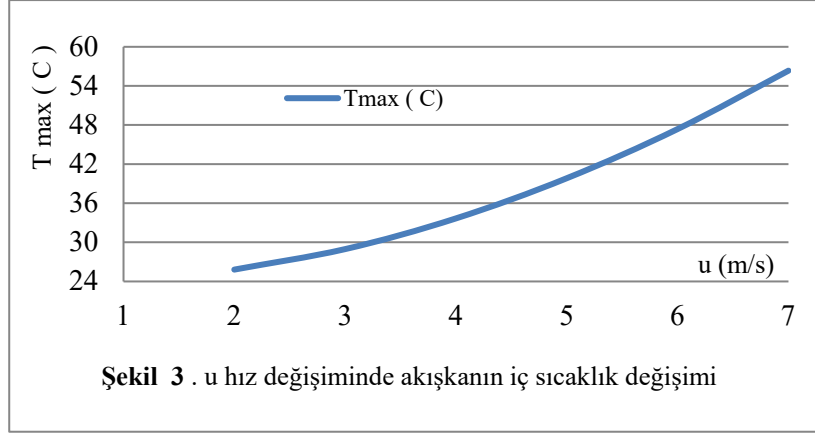
$$q_0'' = -\frac{\mu u^2}{2h} - \frac{k}{h} (T_h - T_0) \quad (11)$$

$$q_h'' = +\frac{\mu u^2}{2h} - \frac{k}{h} (T_h - T_0) \quad (12)$$

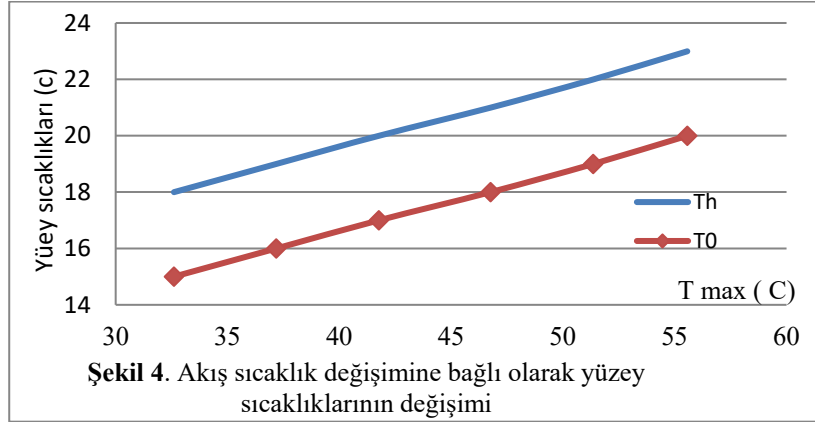


Şekil 2. de levhanın birinin sabit hızda hareketli olması sonucu akışkanın sıcaklığı artmaktadır. Buna bağlı olarak levhalardan ısı akısı gerçekleşecektir. Akışkanın sıcaklığı arttıkça, hareketsiz

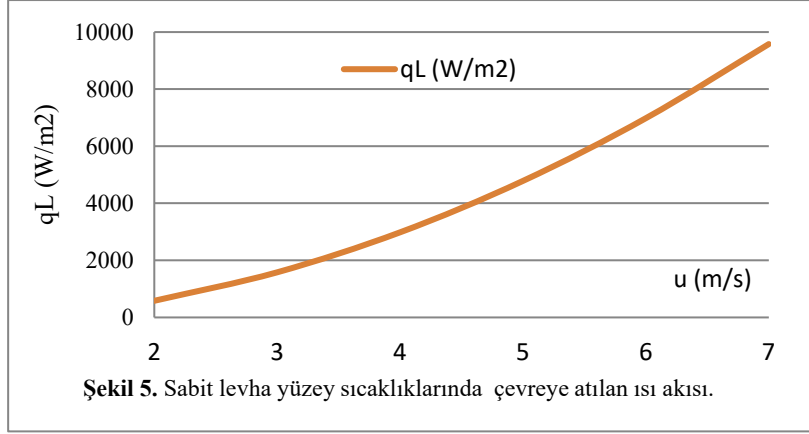
levhadan çevreye ısı akışı da çok az artış göstermektedir. Bir diğer hareketli levhada ise ısı akışı tam tersi çok az azalmaktadır.



Şekil 3. de sabit viskozitede çalışma hızının değişimi ile akış içerisinde ki sıcaklık değişimi. Levha yüzey sıcaklığı 20 C ve 25 C arasında tutulmuştur. Levhalar arası mesafe $h=2$ mm, akışkanın ısı iletim katsayısı 0,145 (W/m-K) kabul edilmiştir.



Şekil 4. de sabit viskozitede, çalışma hızı sabit tutulmuş ve uygun soğutma yapılmadığından akışkan sıcaklığı artmış buna bağlı olarak levha yüzey sıcaklıkları da artmıştır.



Şekil 5. de sabit viskozitede çalışma hızının değişimi ile akıştan çevreye transfer olan ısı akı değişimi belirlenmiştir. Levha yüzey sıcaklığı 18 °C ve 21 °C arasında tutulmuştur.

4- SONUÇ

Hareketli parçaların yüzeyleri üzerinde sınır tabakası etkileri önemlidir. Akış hızı yüzeyde sıfır kabul edilir. Ancak yüzeyde kütle akışı var ise v' sıfır olmayacaktır. Sınır tabaka eşitliklerinin geliştirilmesinin birinci amacı sınır tabaka içerisindeki fiziksel olguların değerlendirilmesidir. Sınır tabaka, yüzey sürtünmesi ile beraber enerji ve kütle geçişini de sağlamaktadır. Ayrıca aralarında momentum ve ısı geçişi oluşmakta ve bunların değerleri belirlenmektedir. Yüzeyler arasında sürtünmeden dolayı ısınan çalışma akışkanının ısı enerjisinin hem hareketli hem sabit levhalardan çevreye atılması oldukça önemlidir. Şekil 3'de görüldüğü gibi yüzeyler arasında akışkan hızı arttıkça sıcaklığında arttığı görülmektedir. Şekil 4'de akışkan hızı sabit tutulmuş, yüzeyler arasından çevreye ısı geçişi yeteri kadar yapılmadığından yüzeyler ve akışkan sıcaklığı yine artış göstermiştir. Aşırı ısınan akışkanın kimyasal özellikleri değişmekte ömürleri kısalmaktadır, çalışma kayganlığını kaybetmektedir. Bu nedenle çalışma yüzeyleri deformasyona, korozyona maruz kalmaktadır. Çalışmada levha yüzey sıcaklığı 20 °C ve 25 °C arasında tutulmuştur. Levhalar arası mesafe $h=2$ mm, akışkanın ısı iletim katsayısı 0,145 (W/m-K) kabul edilmiştir. Bu değerler farklı tutularak yapılacak deneysel çalışmalarda viskoz akışkanın ekonomik ömrü değerlendirilebilir.

Semboller

μ : Viskozite (Ns/m²)

ρ : Yoğunluk (kg/m³)

u : Hız (m/s)

T : Sıcaklık (K)

h : Levhalar arası (m)

P : Basınç (kPa)

q'' : Isı akısı (kW/m²)

k : Isı iletim katsayısı (W/m-K)

5- KAYNAKÇA

- [1] Akhtar ve ark. (2008), Akhtar, W., Fetecau, C., Tigou, V., Fetecau, C., 2008. Flow of maxwell fluid between two sides wall induced by a constantly accelerating plates. *Int. J. Z. Angew, Math. Phys.* 1007/S00033008-7129-8.
- [2] Kobo ve Makinde (2010), Kobo, N.S., Makinde, O.D., 2010. Second law analysis for a variable viscosity reactive couette flow under arhenius kinetics. *Math. Prob. Eng.* 1–15, 2010.
- [3] Seth et al. Seth GS, Kumbhakar B, Sharma R. Unsteady hydromagnetic natural convection flow of a heat absorbing fluid within a rotating vertical channel in porous medium with Hall effects. *J. Appl. Fluid Mech.* 2015;8 (4)767–79.
- [4] Al Juma et al., Al-Juma N, Chamkha AJ.
- [5] Soret and Dufour effects on heat and mass transfer by free convective flow of a micropolar fluid about a sphere embedded in porous media. *Int. J. Energy Technol.* 2014;6(8)1–7.
- [6] F.M. Baig, G.M. Chen, B.K. Lim, Thermal Viscous Dissipative Couette Flow in a Porous Medium Filled Microchannel, Vol. 2 Micro/Nano-Thermal Manuf. Mater. Process. Boil. Quenching Condens. Heat Transf. Eng. Surfaces; Comput. Methods Micro/Nanoscale Transp. Heat Mass Transf. Small Scale; Micro/Miniature Multi. (2016) MNHMT2016-6502. <https://doi.org/10.1115/MNHMT2016-6502>.
- [7] A.O. Ajibade, A.M. Umar, Effects of viscous dissipation and wall conduction on steady mixed convection couette flow of heat generating / absorbing fluid, *Int. J. Appl. Mech. Eng.* 24 (2019) 12–35. <https://doi.org/10.2478/ijame-2019-0047>.
- [8] S. Shabbir, S.D. Garvey, S.M. Dakka, B.C. Rothwell, Heat transfer of Couette flow in micro-channels: an analytical model of seals, in: 25th Int. Conf. Fluid Seal., Manchester, 2020. <https://www.researchgate.net/publication/341671228> Heat Transfer of Couette Flow in Micro-channels an Analytical Model of Seals (accessed September 26, 2021).
- [9] N.T.P. Le, T.N. Tran, Effect of viscous heat generation on temperature of rarefied gas microflows driven by moving surface, *J. Eng. Sci. Technol.* 13 (2018) 3840–3855. [http://jestec.taylors.edu.my/Vol 13 issue 11 November 2018/13 11 28.pdf](http://jestec.taylors.edu.my/Vol%2013%20issue%2011%20November%202018/13%2011%2028.pdf) (accessed July 24, 2019).
- [10] G.L. Morini, Viscous Dissipation, in: *Encycl. Microfluid. Nanofluidics*, Springer US, Boston, MA, 2013: pp. 1–15. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27758-0_1669-2.
- [11] Kelkar, K.M. and Patankar, S.V., Numerical prediction of flow and heat transfer in a parallel plate channel with staggered fins, *J. Heat Transfer*, 109, 25-30, 1987.
- [12] Frank P. Incropera, David P. Dewitt, ‘Fundamentals Of Heat And Mass Transfer’. John Wiley & Sons, 1996.

T.C. MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOMA MESLEK YÜKSEKOKULU TEKNİK BİLİMLER DERGİSİ
YAZIM KURALLARI VE YAYIN İLKELERİ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi**, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu tarafından yılda iki kez yayımlanır. Dergide, Meslek Yüksekokulları Teknik Programlarında yer alan anabilim dallarıyla ilgili konularda özgün ve nitelikli çalışmalar, yabancı dillerden Türkçe'ye çeviriler ve güncel tez özetleri yayımlanabilir.

Dergiye gönderilen eserlerde aranacak yayın ilkeleri ve yazım kuralları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

1-) Dergiye gönderilen yazı ve makaleler daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış ve yayın hakları verilmemiş olmalıdır.

2-) Dergide yayınlanacak yazı ve makaleler Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca'dan herhangi biriyle yapılabilir. Ancak Türkçe hazırlanan çalışmalarda Türk Dil Kurumunun belirlediği kurallar esas alınmalıdır. Çalışmanın başında Türkçe başlık ve en fazla 200 sözcükten oluşan Türkçe ve İngilizce özet ile en fazla 10 tane anahtar sözcük verilmelidir.

3-) Dergide yayımlanacak çalışmaların biçim sırası

- Türkçe başlık
- Özet
- Anahtar sözcükler
- İngilizce özet
- İngilizce anahtar sözcükler
- Metin
- Kaynaklar
- Ekler

şeklinde olmalıdır.

4-) Çalışmanın başlığı sol üst kenardan 6 cm. aşağıdan yazılmalıdır. Başlığın sağ alt tarafına yazar veya yazarların adları akademik ünvanlarla birlikte yazılmalı çalıştığı kurum, iletişim ve elektronik posta adresleri ise adların yanına konulacak dipnot işaretleriyle sayfa altına verilmelidir. Eğer çalışma başka bir kurumdan destek aldıysa başlık yanına verilecek dipnotla sayfa altına ilgili kurum yazılmalıdır.

5-) Dergiye gönderilecek yazı ve makaleler MS Word programında yazılmış üç kopya olarak eposta veya kargo yoluyla gönderilmelidir.

6-) Çalışmalar ekleriyle birlikte 15 sayfayı geçmemelidir.

7-) Metin yazımı A4 boyutundaki kağıda tek aralıklı olarak times new roman tur karakteriyle 10 punto, dipnot ve açıklamalar 8 punto ile yazılmalıdır. Başlıklar 12 punto koyu, özet ve dipnotlar tek ara ile yazılmalıdır. Sayfa boyutları sol 5 cm, sağ 4 cm, üst 7 cm ve alt 5 cm. olacak şekilde ayarlanmalıdır.

8-) Metin içindeki alıntı ve aktarma yoluyla kullanılan kaynaklar; parantez sistemine göre soyadı, yılı ve sayfası olacak şekilde metin içinde cümle bitiminde gösterilmeli ve ayrıca kaynakçada da yer almalıdır. Açıklama ve diğer dipnotlar numaralandırma esasına göre metnin sonuna eklenmelidir.

9-) Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi** ulusal hakemli bir dergidir. Dergiye gönderilen yazı ve makaleler ilgili alandaki en az iki hakeme gönderilir. Oy birliği sağlanamazsa üçüncü bir hakeme gönderilerek sonuca karar verilir. Yazı ve makalelerin içeriğinden yazarlar ve hakemler sorumludur.

10-) Yazı ve makalesi yayımlanan her yazara derginin ilgili sayısından 1 adet gönderilir. Ayrıca telif ücreti ödenmez.

11-) Dergi yayın ilkelerine, yazım kurallarına ve bilimsel araştırma yöntemlerine uygun olmayan yazı ve makaleler yayın kurulunca dikkate alınmaz.