

## **Tarımda Partikül Madde Maruziyetinin Sağlık Üzerine Etkileri, Araştırma Konuları ve Politikalar**

**Selçuk ASLAN<sup>1</sup>, Ali AYBEK<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Uludağ Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa

<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş  
sarslan@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 01.07.2016

Kabul Tarihi (Accepted): 01.09.2016

**Özet:** Tarımda çalışanlar yapılan işten kaynaklanan çeşitli toz ve gazlara maruz kalmaktadır. Maruz kalınan katı parçacıklar (partikül madde-PM) insanların üst ve alt solunum yollarında etkili olmakta, çeşitli solunum rahatsızlıklarına ve hastalıklarına neden olmaktadır. Dünyada insan sağlığını ve refahını korumak için hükümetler ve sağlık kuruluşları solunan PM konsantrasyonları ile ilgili izin verilebilir sınır değer, eşik sınır değer vb sınırlar belirlemiştir. Bu değerler, sınırı belirleyen kuruluşa bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, tarım ve tarımsal sanayide farklı boyut fraksiyonlarındaki PM konsantrasyonlarına maruz kalan kişilerin karşılaştıkları mesleki solunum rahatsızlıkları ve hastalıkları, farklı ülkelerde önerilen sınır değerler, araştırma konuları ve perspektifler, uygulanan politikalar ve önlemler incelenmiş ve tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Tarım, partikül madde, kişisel maruziyet, politikalar

### **Health Effects of Particulate Matter Exposure in Agriculture, Research and Policies**

**Abstract:** Agricultural workers are exposed to various occupational dusts and gases. The exposed particulates (particulate matter – PM) have upper and lower respiratory effects and cause numerous respiratory disturbances and diseases. Governments and health institutions in different countries have determined permissible limit values, threshold limit values, etc. for PM concentrations to improve public health and welfare. The limit values may vary depending on the institution that sets the limits. In this paper, occupational respiratory disturbances and diseases resulting from exposure to different size fractionated PM concentrations in agriculture and agribased industry, recommended limit values in different countries, research topics and perspectives, policies and preventions were reviewed and discussed.

**Key words:** Agriculture, particulate matter, personal exposure, policies

### **Giriş**

Tarım tek bir sektör gibi görünse de tarla tarımı, bahçe tarımı, hayvansal üretim, seracılık ve tarıma dayalı sanayi sektörleriyle son derece farklı çalışma ortamlarından oluşan birçok alt sektörden meydana gelmekte ve dünyada 450 milyondan fazla ücretli çalışmanı isdihtam ederek en büyük sektörü oluşturmaktadır (FAO-ILO-IUF, 2005). Bu sektörlerin her biri işletme büyüklüğüne bağlı olarak farklı mekanizasyon düzeyi, farklı iş akışı ve farklı düzeyde işgücü gereksinimi doğurur. Hasat sonrası işlemler, paketleme ve ürün işleme gibi konular da tarım ve ilişkili sektörlerde daha değişik nitelikli iş kolları

doğurmaktadır. Tarıma dayalı sanayide ise yem, un, çırçır fabrikaları gibi çok değişik işletmeler çok farklı süreçleri içermektedir. Tüm bu alt sektörlerde yapılan işlemler sırasında, çalışanlar organik (tahıl, saman vb.) ve inorganik (mineral) tozlara, polen, mantar sporları, mikotoksinler, bakteri ve endotoksinlere maruz kalmaktadır. Bu maruziyet, temas ve solunum yoluyla olmaktadır. Hayvansal üretimde ayrıca hayvan derileri, kıl, tüyler ve dışkı artıkları da solunmaktadır (HSE, 2007; Jager, 2005; WHO, 1999; HSE, 1998; NBOSH, 1994). İş ortamında partikül maddelere (tozlara) maruz kalınması sonucu, konsantrasyona, etkili

maddeye, maruz kalma süresine, yaşa, cinsiyete ve sigara alışkanlığına bağlı olarak farklı düzeylerde solunum yolu rahatsızlıkları ve hastalıkları ortaya çıkmaktadır. Konu, kamu sağlığını ve mesleki sağlığı yakından ilgilendirmektedir. Araştırmacılar tarımsal toz emisyonlarını ve mesleki maruziyet düzeylerini azaltmak için mühendislik çözümlerini ve kişisel korunma yöntemlerini geliştirmeye çalışırken politik paydaşlar da bilimsel araştırma sonuçlarına göre ilgili standartları yenilemekte ve uygulamaya dönük yönetmelikleri güncellemekte ve farkındalık yaratmak için programlar geliştirmeye çalışmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, tarımda ortaya çıkan hava kirliliği ve kişisel maruziyet düzeylerini, tarımsal üretimde çalışan üretici, işçi ve operatörlerin partikül maddelere (PM) maruz kalması sonucu ortaya çıkan solunum hastalıklarını, PM ile ilgili standartları ve eşik sınır değerleri, tarımda ortaya çıkan hava kirliliğini ve PM maruziyetini azaltmak için alınan önlemleri ve uygulanan politikaları gözden geçirmektir.

#### **Tanımlar, standartlar ve eşik sınır değerler**

Tozlar (partikül maddeler), parçacık boyutuna göre sınıflandırılmaktadır. Üst solunum yollarında tutulan parçacık boyut sınıfı kaba tozlar olarak ifade edilmektedir, genellikle aerodinamik çapı 10 mikrondan küçük parçacıklardır ve PM10 ile gösterilmektedir. Aerodinamik çapı 3-5 mikron olan parçacıklar insanların boğazında tutulmaktadır. İnce toz olarak bilinen ve aerodinamik çapı 2.5 mikrondan küçük olan partiküller ise PM2.5 ile gösterilmektedir ve solunabilir toz olarak tanımlanmaktadır (EPA, 2012). İnce tozlar alt solunum yollarında ilerleyerek akciğerde alveollere kadar girebilmektedir.

Havadaki toz konsantrasyonunun yoğunluğu birim hacimdeki havada bulunan toz kütlesi ( $\text{mg m}^{-3}$ ,  $\mu\text{g m}^{-3}$ ,  $\text{ng m}^{-3}$ ) olarak ifade edilmektedir. Çalışanların sağlığına olumsuz etki etmemesi için farklı kaynaklardan gelen tozların konsantrasyonları belirli sınır değerleri aşmamalıdır.

Bugüne kadar yapılan araştırmalar tüm tarımsal kirleticilerin eşik sınır değerlerinin belirlenmesi için yeterli değildir. Genel rahatsızlık verici düzeyler bilinmektedir (Çizelge 1), ancak farklı kuruluşlar farklı sınır değerleri önermektedir. Mineral ve organik PM konsantrasyonları için sınır değerler henüz belirli hale gelmemiştir çünkü toprakta ve tarımsal ürünlerde bulunan partiküller çok farklı kaynaklardan üretilmiş olabilir. Bu tür zorluklar nedeniyle, toprak-alet

etkileşiminden kaynaklanan PM10 ve PM2.5 sınır değerleri de belirlenmemiştir. Kaba ve ince tozların sınır değerlerinin belirlenmesinde ortaya çıkan bir başka önemli konu da tozların zehirli gazlarla ve mikroorganizmalarla birlikte yarattığı etkinin tam olarak bilinmiyor olmasıdır. Bilimsel araştırmalar daha çok PM10 ile ilgili olsa da PM2.5 araştırmaları da gittikçe önem kazanmaktadır. Tarımsal işlemlerin yarattığı çok ince partiküllerin (PM1.0) konsantrasyonları ile ilgili araştırmalara nadiren rastlanabilmektedir, bu yüzden PM1.0 eşik değerleri de herhangi bir kurum tarafından henüz belirlenmemiştir.

Hava kalitesinin yükseltilmesi ile ilgili düzenlemeler, halk sağlığını geliştirmeyi ve havadaki belirli kirleticilerin yoğunluklarının sınırlandırılmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla en yaygın kullanılan genel sınıflama Hava Kalitesi İndeksi (Air Quality Index – AQI) ile ifade edilmektedir. EPA (2009) hava kalitesi indeksi değerlerini aşağıdaki kategorilere ayırmıştır: İyi ( $0-50 \mu\text{g m}^{-3}$ ), orta ( $51-100 \mu\text{g m}^{-3}$ ), hassas gruplar için sağlığa zararlı ( $101-150 \mu\text{g m}^{-3}$ ), sağlığa zararlı ( $151-200 \mu\text{g m}^{-3}$ ), sağlığa çok zararlı ( $201-300 \mu\text{g m}^{-3}$ ), tehlikeli ( $301-500 \mu\text{g m}^{-3}$ ).

Mesleki maruziyet ise iş yerlerinde çalışma koşullarından kaynaklanan partikül maddelerin sınırlandırılması için farklı düzenlemeler gerektirmektedir. Eşik Sınır Değer – ESD (Threshold Limit Value-TLV), 8 saatlik çalışma için belirlenmiş olan ortalama sınır değerdir ve bir insanın çalışma yaşamında sürekli maruz kalabileceği güvenli kişisel maruziyet seviyesini ifade etmektedir (Salvato et al., 2003). ABD'deki İş Güvenliği ve Sağlığı Örgütü (Occupational Safety and Health Organization - OSHA) bazı tarımsal maddeler için ESD'leri belirlemiştir (Çizelge 1). ESD, çalışanların mesleki toz maruziyet sınır değeri olup genel halk sağlığını ilgilendiren hava kalitesi indeksi değerlerinden farklıdır. Hava kalitesi indeksi herkesin maruz kaldığı ortamlarda sağlık sorunu olmayan erişkinler için belirlenmiş ölçütleri göstermekteyken kişisel mesleki toz maruziyeti eşik sınır değerleri çalışma ortamındaki spesifik partikül maddelerin solunabileceği konsantrasyon düzeylerini göstermektedir. Genel maruziyet koşullarında spesifik kirleticilerin yoğun olmaması nedeniyle hava kalitesi indeksi ile belirlenen sınır değerler ile kişisel veya mesleki maruziyet sınır değerleri çok farklı olmaktadır. Avrupa'da kentsel ve kırsal alanlarda PM10

konsantrasyon farklılıklarının çok küçük olduğu ve Avrupa'nın birçok bölgesinde fark olmadığı bulunmuş ve PM maruziyetinin çok yaygın olduğu sonucuna varılmıştır (WHO, 2000).

**Çizelge 1. Bazı tarımsal kirleticiler için PM10 ve PM2.5 eşik sınır değerleri (OSHA, 2010)**

Table 1. PM10 and PM2.5 threshold Limit values for some agricultural pollutants

Özellik	Sınır değerler ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Parçacık boyutu ( $\mu\text{m}$ )
Alt solunum yolları rahatsızlık değeri	5000	PM2.5
Toplam rahatsızlık sınırı	15000	PM10
Tahıl tozu (buğday, arpa, yulaf)	15000	PM10
	5000	PM2.5
Ham pamuk	1000	PM10
İplik	200	PM2.5
Dokuma	750	PM2.5

Araştırmalar PM10 üzerine yararlı veriler sağlamışsa da PM2.5 verileri PM10 ile karşılaştırıldığında, PM2.5 verisinin sağlıkla ilgili daha iyi bir gösterge olduğu anlaşılmıştır (WHO, 2000). Bu nedenle 2000'li yıllarda PM2.5 araştırmaları giderek artmıştır. Ülkemizde ise kırsal alanlarda PM maruziyeti ile ilgili sınırlı veri bulunmaktadır; sağlık taramalarıyla ilişkilendirilmiş veriler ise yoktur.

Farklı ülkelerde ulusal kuruluşlar işyeri çevresel faktörlerini değerlendirmek için kriterler geliştirmiştir. Çizelge 2, ABD'deki kuruluşların (İş Güvenliği ve

Sağlığı Ulusal Enstitüsü (NIOSH), American Hükümeti Endüstriyel Hijyenistleri Topluluğu (ACGIH), Amerikan Toraks Derneği (ATS)) uyguladıkları sınır değerleri göstermektedir.

Çizelge 1 ve 2'de organik tozlara ilişkin bazı sınır değerler görülmektedir. İnorganik tozlar içinde, örneğin, toprak işleme ile ortaya çıkan ve toprak mineralleri içinde bulunan quartz bulunabilir. Kuartz söz konusu olduğunda alt solunum yollarında solunabilir toz için referans konsantrasyon değerleri  $2 \text{ mg m}^{-3}$  iken kuartz için  $100 \mu\text{g m}^{-3}$  (Güney Afrika Mesleki Maruziyet Sınırı OEL),  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  (NIOSH REL), ve  $25 \mu\text{g m}^{-3}$  (ACGIH TLV) olarak alınabilmektedir (Swanepoel et al., 2010).

İngiltere'de Sağlık ve Güvenlik Kurulu (Health and Safety Executive - HSE) da tahıl tozu için 8 h zaman-ağırlıklı ortalama (Time Weighted Average-TWA) değeri olmak üzere maksimum maruziyet sınırını (Maximum Exposure Limit-MEL)  $10 \text{ mg m}^{-3}$  olarak belirlemiştir (HSE, 1998). Ayrıca, herhangi bir 15 dakikalık süre içinde maruziyet düzeyi  $30 \text{ mg m}^{-3}$  değerini aşmamalıdır. Bu koşullarda bile, maruziyetin pratik açıdan mümkün olan en düşük düzeyde tutulması gereklidir. OSHA dışında, Sağlığa Zararlı Maddelerin Kontrolü Düzenlemesi (COSHH) de tahıl tozu için iş yeri maruziyet sınır değeri (Work Exposure Limit-WEL) belirlemiş ve WEL değerinin maksimum sınır olduğu, ancak hedef değer olmadığı özellikle vurgulanmıştır (COSHH, 2002). Hatta mümkünse maruziyet düzeyi WEL sınırlarının çok altında tutulmalıdır.

**Çizelge 2. Tarımda önerilen maksimum maruziyet düzeyleri (Kirkhorn and Garry, 2000)**

Table 2. Recommended maximum exposure values in Agriculture (Kirkhorn and Garry, 2000)

Tehlike	OSHA İzin verilen maruziyet miktarı (Permissible Exposure Levels - PEL)	NIOSH Önerilen maruziyet düzeyi (Recommended Exposure Limits - REL)	ACGIH Eşik sınır değerleri (Threshold Limit Values - TLV)	Kapalı ortamlarda yapılan hayvan yetiştiriciliği araştırmaları
Genel rahatsızlık veren toplam toz	$15 \text{ mg m}^{-3}$	-	$10 \text{ mg m}^{-3}$	-
Rahatsızlık veren solunabilir toz	$5 \text{ mg m}^{-3}$	-	$3 \text{ mg m}^{-3}$	-
Tahıl tozu	$10 \text{ mg m}^{-3}$	$4 \text{ mg m}^{-3}$	$4 \text{ mg m}^{-3}$	-
Organik toz	-	-	-	$2.4-2.5 \text{ mg m}^{-3}$
Solunabilir organik toz	-	-	-	$0.16-0.23 \text{ mg m}^{-3}$
Endotoksin	-	-	-	$640-1000 \text{ ng m}^{-3}$
Amonyak	50 ppm	25 ppm	25 ppm	7.5 ppm

Ülkemizde organik ve inorganik toz mesleki maruziyet sınırları Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yürürlüğe konan Tozla Mücadele Yönetmeliğinde (Anonim, 2013) belirlenmiştir (Çizelge 3). Yönetmelikte tarımsal işlerde karşılaşılan spesifik organik ve inorganik tozlara ilişkin değerler bulunmamakta, ancak tarıma dayalı sanayi kollarındaki maddelerden bazıları yer almaktadır. Buna göre, tarımsal işlemlerde veya tarıma dayalı sanayi kollarında karşılaşılabilecek olan toz maddelerin izin verilen toplam miktarları ve solunabilir toz miktarları diğer ülkelere benzerlik göstermektedir.

**Çizelge 3. Türkiye’de yürürlükte olan organik ve inorganik toz mesleki maruziyet sınır değerleri (Anonymous, 2013)**

Table 3. Occupational exposure limits in Turkey for organic and Inorganic powders (Anonymous, 2013)

Maddenin adı	Toplam toz miktarı (mg m <sup>-3</sup> )	Solunabilir toz miktarı (mg m <sup>-3</sup> )
Un, nişasta	15	5
Odun tozu	-	5
Pamuk tozu (Çırçır, hallaç, iplik)	-	0.5
Pamuk tozu (Dokuma )	-	0.75
Pamuk tozu (Konfeksiyon)	-	1

Bu bölümde görüldüğü gibi, farklı kuruluşlarca belirlenen sınır değerler arasında farklılıklar olabilmektedir. Bu sınır değerler ideal koşullara göre değil, teknik olarak alınabilecek önlemlerin etkinlik düzeyine ve uygulamada varılabilecek gerçekçi hedeflere de bağlı olarak konulmaktadır. Uygulayıcıların bilinç düzeyi, geliştirilen kişisel koruyucuların bugünkü etkinlik düzeyi, diğer mühendislik çözümlerinin etkinliği ve ekonomikliği gibi faktörler; kişisel maruziyet sınır değerlerini pratikte uyulabilir düzeye getirmek üzere belirlenmekte, hedeflenen başarı sağlandığında yeni sınırlar konulmaktadır. Ülkeler ve sektörler arasındaki teknolojik düzeyler ve eğitim düzeyleri farklı olduğundan bir sektörde uygulanabilen teknik bir çözüm bir başka ülke veya sektör için ekonomik veya pratikte uygulanabilir bir çözüm olmayabilir.

**Tarımsal işlerde PM sağlık etkileri**

Partikül madde maruziyeti, birçok solunum ve kardiyovasküler sağlık problemi ile ilişkilendirilmiştir. Çevredeki partikül maddeye maruz kalmanın neden olduğu ana etkiler şunlardır: Prematür doğum,

solunum ve kardiyovasküler hastalıklarda artma, astımda artma, akut solunum semptomları, kronik bronşit, akciğer fonksiyonlarında azalma, ve miyokard infarktüsü. Ayrıca son epidemiyolojik araştırmalara göre, ABD’de partikül maddelere maruz kalınması nedeniyle her yıl on binlerce ölüm olayı ile karşılaşıldığı ve daha fazla sayıda hastalıklarla mücadele edildiği tahmin edilmiştir (EPA, 2012). Tarımda PM maruziyeti, değişken koşullarda yapılan işten ve çevreden kaynaklanan tozların birleşik etkisi ile ortaya çıkmaktadır. Bazı solunum yolu rahatsızlıkları ve hastalıkları ve hangi işlemlerden kaynaklandığı Çizelge 4 ve Çizelge 5’te verilmiştir.

Tarım ve gıda endüstrileri; sıklıkla karşılaşılan endotoksin, mikotoksin ve mikroorganizmalar nedeniyle çeşitli tehlikeler doğurmaktadır (Zock et al., 1995). Granül ürünlerin taşınmasında, iletiminde, yüklemde kullanılan helezon, römork ve silolara yapılan doldurma ve boşaltma işlemlerinde çok miktarda partikül madde üretilmektedir. Tahıl tozları, ayrıca küf sporları içerebilmektedir ve solunduğunda çiftçi akciğeri adı verilen ölümcül bir hastalığa neden olabilmektedir (HSE, 2006). Çiftçi Akciğeri bir tür hipersensitivite pnömonisidir (HP) ve neden olan en önemli antijen sıcak ortamları seven (termofilik) mikroorganizmalardır. Bu mikroorganizmalar sıcak ambar ve ahırlardaki küflü çürük saman ve kültür mantarlarında üremekte, bu ortamlarda kontamine havada bulunan yüklü antijenlerin solunumu yoluyla hastalığa neden olmaktadır. Çiftçi akciğerine termofilik mikroorganizmalar dışında birçok mantar çeşidi de neden olmaktadır. Mantara bağlı HP çiftçiler dışında gıda sanayi çalışanlarında, özellikle arpa, peynir, sosis, soya sosu ve ticari mantar endüstrisinde sıklıkla görülmektedir. HP belirtileri arasında nefes darlığı (%98), öksürük (%91), titreme (%34), ateş (%19), göğüste baskı hissi (%35), kilo kaybı (%42), miyalji (%24) ve hırıltı (%31) yer almaktadır (Küpeli ve Karnak, 2011).

**Çizelge 4. Tarımsal solunum yolu tehlikeleri ve hastalıkları (Kirkhorn and Garry, 2000)**

Table 4. Agricultural respiratory tract hazards and diseases (Kirkhorn and Garry, 2000)

Sınıflar	Kaynaklar	Çevre	Koşullar
Organik tozlar	Tahıl, saman, endotoksin, silaj, pamuk, hayvan yemi, hayvan yan ürünleri, mikroorganizmalar	Kapalı ortam hayvan yetiştirme işlemleri, ahırlar, silolar, hasat ve ürün işleme işlemleri	Astım, astım benzeri sendrom, Mesleki Toz Toksik Sendromu (MTTS), kronik bronşit, akciğer hipersensitivitesi (Çiftçi Akciğeri)
İnorganik tozlar	Silikatlar	Hasat/toprak işleme	Akciğer fibrozu, kronik bronşit
Gazlar	Amonyak, hidrojen sülfat, nitrojen oksit, metan, CO	Kapalı hayvan binaları, silolar, gübreler	Astım benzeri sendrom, trakeobronşit, silo-dolduran hastalığı, akciğer ödemi
Kimyasallar Pestisitler Gübreler Dezenfektanlar	Paraquat, organofosfatlar, fumigantlar Susuz amonyak Klorin, kuarterner bileşenler	Uygulayıcılar, tarla işçileri, Depolama kutuları Süt sığırcılığı, domuz yetiştirme alanları	Akciğer fibrozu, akciğer ödemi, bronşiyal spasm Mukus membran tahrişi, trakeobronşit Solunum irritantı, bronşiyal spasm
Diğerleri Çözücüler Kaynak dumanı Zoonotik enfeksiyonlar	Motorin, pestisit solüsyonları Nitrus oksitler, ozon, metaller Mikroorganizmalar	Depolama kutuları Kaynak işleri Hayvan yetiştirme, veterinerlik hizmetleri	Mukus membran irritasyonu Bronchitis, metal-dumanı ateşi, amfizem Anthrax, Q ateşi, pisittakoz

**Çizelge 5. Yaygın tarımsal solunum yolu maruziyetleri ve etkileri (Schenker, 1998)**

Table 5. Common Agricultural Respiratory tract exposures and effects (Schenker, 1998)

Solunum bölgesi	Temel Maruziyet	Hastalıklar/Sendromlar
Burun ve nazofarenks	Sebze tozları Hava alejenleri Akarlar Endotoksinler Amonyak	Alerjik ve alerjik olmayan rinitler Organik Toz Toksik Sendromu (OTTS)
Havayı ileten yollar	Sebze tozları Endotoksinler Akarlar İnsekt antijenleri Hava alejenleri Amonyak Nitrojen oksitler Hidrojen sülfatlar	Bronşit Astım Astım benzeri sendrom OTTS
Terminal bronşiyeller ve alviyoller	Sebze tozları Endotoksinler Mikotoksinler Bakteri ve mantar Hidrojen sülfat Nitrojen oksitler Paraquat İnorganik tozlar (silika, silikatlar)	OTTS Akciğer ödemi/yetişkin solunum bozukluğu sendromu Obliteratif bronşiolit Hipersensitivite pnömonisi (HP) Intersitesyel akciğer fibrozu

Zehirli tozların alt solunum yollarında neden olduğu çiftçi akciğeri; iş kaybına, sağlık masraflarının artmasına ve hatta uç durumlarda ölüme neden olabilmektedir (Sabancı, 1999). Organik tozlar (tahıl tozu, hayvan derisi, bitki tozları), zehirli gazlar ve

enfeksiyona neden olan ajanların değişken düzeylerdeki maruziyetleri sonucu bronşit veya astım gibi birçok solunum hastalığı ortaya çıkarken inorganik tozlar ve diğer tahriş edici maddeler, neden olmasalar bile, astımı artırabilmektedir (Schenker, 2000). Toz

maruziyetinin gözlerde, akciğerlerde ve deride tahrişe (Matthews and Knight, 1971) ve solunum yollarında zehirlenme ve alerjiye (Witney, 1988) neden olduğu ilk yapılan araştırmalarda bulunmuştur. Toz maruziyeti, saman nezlesine de neden olmaktadır (HSE, 2007). Astım gibi alerjik tepkiler genellikle organik toza maruz kalmakla ilişkilendirilmekle beraber bronşit ve kronik solunum hastalıkları genellikle tarımsal kökenli inorganik tozlarla ilişkilendirilmektedir (Baker et al., 2005). İnce partiküller, akciğer hava keseciklerine ulaşarak ciğerleri kirletebilir veya çeşitli rahatsızlıkları ve hastalıkları başlatabilir. Bisinosis adı verilen hastalık, pamuk işlemeden kaynaklanan endotoksin gibi mikrobiyal ürünlerin yüksek düzeyde solunması sonucu ortaya çıkmaktadır ve yukarıda bahsedilen organik partikül madde solunumu ile ilgilidir (Lane et al., 2004).

Jimenes (2006), çoğunlukla katı parçacık fazında PM2.5 içeren biyokütle dumanına kronik ve akut şekilde maruz kalınması halinde ciddi sağlık sorunları olabileceğini rapor etmiştir. Akciğer fonksiyonlarında azalma, bağışıklık sisteminde zayıflama ve solunum hastalıkları riskleri; biyokütle dumanına kronik maruz kalmanın etkileri arasında yer almaktadır. PM2.5 akut maruziyetinin astımlı çocukları da içine alan hassas gruplara da etkileri olduğu bulunmuştur. Bu etkiler arasında öksürük, hırıltı, göğüs daralması ve solunum yetmezliği bulunmaktadır. Long et al., (1998), Kanada'da yapılan araştırmada anız yakmanın astım ve bronşit hastalarını daha fazla etkilediğini, Torigoe et al., 2000 ise Japonya'da çocuklar üzerinde yaptıkları araştırmada anız yakma sonucu ortaya çıkan PM10 ile astım atakları arasında ilişki olduğunu bulmuştur. Anız yakmanın bir başka etkisi de kahverengi bulut adı verilen duman nedeniyle görme mesafesini azaltmasıdır (ADEQ, 2008).

Astım, akciğer fibrozu ve akciğer kanseri; toz soluma ile ilişkilidir (Baker et al., 2005). Ayrıca, organik PM maruziyeti astım gibi alerjik tepkilerle ilgilidir. İnorganik PM genellikle tarla işlemlerinde ortaya çıkmaktadır ve alerjik olmayan bronşit ve kronik solunum yolu yetmezliği gibi hastalıklara neden olmaktadır. Gaz ve toz maruziyeti ise hayvansal üretim için kullanılan binalarda ve ahırlarda gerçekleşmektedir ve solunum sağlığı ile ilgili temel elementler toz, bakteriler, küfler, endotoksin ve amonyaktır (Omland, 2002).

Tarımsal üretimi karakterize etmek için yapılan bir çalışmada, Schleswig-Holstein'de 1468 sığır işletmesine bir anket uygulanmış, ahırlardaki havalandırma sistemleri ile solunum hastalıkları arasında yüksek bir korelasyon bulunmuştur (Radon et al., 2002). Semptomları etkileyen diğer etkenler iklim faktörü ve ahırların büyüklüğü olmuştur. Domuz üreticiliği astım benzeri sendromların en sık görüldüğü sektör olurken kanatlı üreticileri arasında hırıltının artma riski daha fazla bulunmuştur. Hayvan barınağında geçen süre ve belirtiler ilişkilendirildiğinde doz-cevap ilişkisi önemli bulunmuştur. Araştırma ayrıca koyun üreticilerinin balgamla birlikte öksürük sorununun ileri düzeyde olduğunu göstermiştir.

Schenker (2000), 1990'lı yılların sonuna kadar yapılan bazı araştırmalara göre tarımsal tozdan kaynaklanan tehlikeleri şu şekilde özetlemiştir: Bilimsel araştırmalar genellikle solunum hastalıklarını organik tozların neden olduğu alerjik hastalıklar bağlamında, özde ise mesleki astım ve hipersensitivite pnömonisi ile ilişkilendirmiştir. Ne var ki tarım sektöründe çalışanlarda önemli oranda inorganik (mineral) toz maruziyeti bulunabilir. Mineral toza maruz kalma sıklığı, kuru tarım yapılan bölgelerde daha fazla olabilir. Pulluk, çizel ve diskaro ile toprak işlemede operatörler 1-5 mg m<sup>-3</sup> solunabilir toz ve > 20 mg m<sup>-3</sup> toplam toza maruz kalmaktadır. Toprak kompozisyonu da inorganik bileşenler ile tanımlanmaktadır. Örneğin, toprağın %20'si kristal silikadan ve %80'i silikatlardan oluşmaktadır. Bu kadar yüksek inorganik konsantrasyonlar kronik bronşit hastalığının çiftçi araştırmalarında neden artış gösterdiğini de kısmen açıklamaktadır. Akciğer fibrozu (karışık toz akciğerkonyozu - pnömokonyoz) adı verilen hastalık tarım işçilerinde görülmektedir. Farklı coğrafyalarda yaşayan çiftçilerde kronik obstrüktif akciğer hastalığından (KOAH) kaynaklanan ölümler ve hastalıklar da artış göstermektedir. İnorganik tozlar; kronik bronşit, instersitisiyel fibroz ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı ile bir ölçüde ilişkili olmalıdır, ancak mineral tozların organik tozdan bağımsız olarak yaptığı etki bilinmemektedir. Çapraz karşılaştırma yapan bazı araştırmalar, sigaradan bağımsız olarak domuz ve kanatlı üreticileri arasında artan oranlarda kronik bronşit prevelansı olduğunu göstermiştir. Hayvan üretiminde çalışan işçiler tarla tarımı ile karşılaştırıldığında daha çok organik tozlara maruz

kalmaktadır. Partiküllerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine ek olarak, çalışanların PM maruziyeti sonucu sağlığını etkileyen faktörler arasında konsantrasyon düzeyi, maruz kalma süresi, cinsiyet, yaş, ağırlık, sigara alışkanlığı vb. yer almaktadır.

Bazı Avrupa ülkelerinde Avrupa Çiftçi Projesi adında bir proje yürütülmüş ve iki aşamalı yapılan çalışmada yedi merkezde üreticilerin solunum hastalıkları prevalansı ve risk faktörleri incelenmiştir (Radon et al., 2003). İlk aşamada solunum belirtilerinin karakteristiklerini belirlemek için Danimarka, Almanya, İsviçre, İngiltere ve İspanya'da 8000 üreticiye bir anket uygulanmış, ikinci aşamada yedi merkezin dördünde maruziyet düzeyleri ve akciğer fonksiyonları belirlenmiştir. Hayvan üreticileri arasında domuz yetiştiricileri diğerlerine göre daha yüksek oranda astım benzeri hastalık riski ile karşı karşıya bulunmuştur. Bitkisel üretim ele alındığında, sera işçileri astım benzeri belirti riski açısından en yüksek tehlikede görülmüştür. Avrupa Topluluğu Solunum Sağlığı Anketi'ne göre, hayvan üreticilerinin alerjik belirtileri prevalansı düşük iken kronik bronşit belirtilerinin görülme oranı hayvansal üretimde daha yüksektir. Havalandırmanın, seralarda ve hayvansal üretim binalarında, solunum belirtileri ile ilgili en önemli risk faktörü olduğu bulunmuştur. En yüksek medyan toplam toz ( $7.01 \text{ mg m}^{-3}$ ) ve endotoksin ( $257.58 \text{ ng m}^{-3}$ ) konsantrasyonları İsviçre'deki kümeslerde meydana gelmiştir. Aynı zamanda, seralarda domates, meyve ve çiçek yetiştirmenin astım için ikincil risk faktörü olduğu bulunmuştur.

Elci et al., 2002, İstanbul Okmeydanı Hastanesinde kanser teşhisi konmuş 6731 hastada 958 gırtlak (larenks) kanseri hikâyesi bulmuştur. Silika ve pamuk tozuna maruz kalan hastalarda daha fazla kanser görülmüştür ancak gırtlak kanseri ile asbest, odun ve tahıl tozu arasında korelasyon bulunmamıştır. Sonuç olarak, silika ve pamuk tozuna maruz kalan işçilerde gırtlak kanserinde aşırı artış riski bulunmuştur.

Müller et al., 2006, güney Brezilya'da 1379 kanatlı üreticisinin üreticilik karakteristiklerine ait parametreleri belirlemiş ve çalışanların yüksek konsantrasyonlarda organik ve inorganik toza maruz kaldığını belirlemiştir. Gelir düzeyi, cinsiyet, yaş ve sigara alışkanlığının önemli olduğu bulunmuştur. Kanatlı üreticiliğinde düşük gelirli üretici ve işçiler daha yüksek solunum belirtisi ve kronik solunum hastalığı

belirtisi prevalansı göstermiştir. Astım belirtisi, kadınlarda (%15) erkeklere göre (%10) daha fazla bulunmuştur ( $p < 0.01$ ), ancak kronik solunum hastalıkları belirtilerinde prevalans kadınlar için %24 ve erkekler için %20 olup istatistiksel olarak ( $p = 0.09$ ) önemsiz bulunmuştur. Araştırmacılar aynı zamanda 40 yaş üzerindeki çalışanlarda ve dört yaş altındaki çocuklarda daha yüksek oranda prevalans bulmuştur. Ayrıca, sigara içicileri, özellikle önceden içip bırakmış olanlar, daha yüksek kronik solunum hastalığı göstermiştir. Yıllık 182 paketten daha fazla sigara içenlerde daha fazla solunum hastalığı belirtileri görülmüştür. Buna göre, toz solumanın etkisi dışında kişisel faktörlerin ve alışkanlıkların da sağlığa etkisinin önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Türkiye'de tarla tarımında çalışanların maruz kaldığı toz konsantrasyonları ile ilgili sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. PM10 konsantrasyonları rotovator ile toprak işlemede ( $25770 \mu\text{g m}^{-3}$ ), buğday hasadında ( $29300 \mu\text{g m}^{-3}$ ) ve saman yapma işleminde ( $24640 \mu\text{g m}^{-3}$ ) OSHA tarafından belirlenen mesleki maruziyet sınır değerinin ( $15000 \mu\text{g m}^{-3}$ ) üzerinde bulunmuştur. Benzer şekilde, PM2.5 yoğunlukları da bu işlemlerde (sırasıyla 5888, 10560, 8470  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) sınır değer ( $5000 \mu\text{g m}^{-3}$ ) üzerinde ölçülmüştür. PM1 konsantrasyonu, özellikle buğday hasadında ve saman yapmada oldukça yüksek düzeylerde (sırasıyla 3130 ve 6026  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) olup saman yapma işleminde PM2.5 sınır değerini de aşmıştır (Arslan et al., 2010).

Solunum yolları rahatsızlıklarını ve sigara alışkanlıklarını belirlemek için traktör operatörlerine uygulanan ankete göre, operatörlerin %63'ü sigara içmektedir. Operatörler öksürükten (%60), balgamdan (%83), göğüste daralmadan (%31) ve nefes darlığından (%29) şikâyetçi olmuştur. Ancak, sigara içmeyenlerde öksürme oranı %47'ye düşmüş, göğüste sıkışma şikâyeti %13 azalmıştır. Solunum yolları ile ilgili rahatsızlıklarda kişisel PM maruziyeti önemli ise de sigara alışkanlığı tüm şikâyetleri önemli ölçüde arttırmaktadır. Operatörlerin olumsuz sağlık etkilerinden korunmak için kabinsiz traktör ve biçerdöver kullanırken kişisel önlem almaları gerekmektedir (Arslan et al., 2010).

Türkiye'de yem fabrikalarında PM10 konsantrasyonları PM2.5'ten yüksektir. En yüksek PM10 konsantrasyonu kırıcıların bulunduğu bölümlerde ( $7867 \mu\text{g m}^{-3}$ ) ve daha sonra yığın

depoloma ( $4855 \mu\text{g m}^{-3}$ ), dozajlama ( $2438 \mu\text{g m}^{-3}$ ) ve paketlenme ( $2328 \mu\text{g m}^{-3}$ ) bölümlerindedir. PM2.5 düzeyi en yüksek kırıcı bölümünde ( $3033 \mu\text{g m}^{-3}$ ) ve en düşük dozajlama bölümünde ( $782 \mu\text{g m}^{-3}$ ) bulunmuştur. Gerek PM10 gerekse PM2.5 konsantrasyonları çalışanların sağlığına olumsuz etki edecek düzeyde bulunmamıştır (Aybek et al., 2009). Çırcır fabrikalarında ise PM10 düzeyleri eşik sınır değer olan  $1000 \mu\text{g m}^{-3}$ 'ten fazla bulunmuştur. Ham pamuk için PM2.5 ile ilişkili bir sınır değer henüz yoktur. Ancak, tekstil endüstrisinde iplik ve dokuma işletmeleri için belirlenen PM2.5 sınır değerleri ( $200 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $750 \mu\text{g m}^{-3}$ ) çırcır fabrikaları için de uygulanacak olursa ince (PM2.5) ve çok ince (PM1) toz konsantrasyonlarının çok yüksek düzeylerde olduğu sonucuna varılabilir (Arslan and Aybek, 2011).

Tarıma dayalı sanayi ile ilgili kuruluşlarda sağlık etkisi ile ilgili veriler bulunmamaktadır. Ülkemizde tarımın farklı alt sektörlerinde sağlık taramaları yapılmadığı gibi, bilimsel araştırmalar sonucu hangi düzeyde sağlık tehditleri bulunduğu da bilinmemektedir.

### **Araştırma konuları ve perspektifler**

Araştırmacılar ve politika yapanlar için tarımsal kökenli toz emisyonlarının ve kişisel toz maruziyet düzeylerinin belirlenmesi iki önemli konudur. Toz emisyonları dış ve iç hava kirliliğine neden olarak halk sağlığını tehlikeye sokar. Diğer taraftan mesleki maruziyet ise iş ortamlarında sağlık sorunları ile ilişkilendirilmektedir. Araştırmacılar ve sağlık kuruluşları hava kirliliğini ve mesleki sağlık tehlikelerini azaltmak için her iki konuya da ağırlık vermektedir.

En önemli ve zor konulardan birisi tozu oluşturan bileşenlerin etkisinin ayrıştırılmasıdır. Örneğin, bir yemleme işleminde yemi oluşturan bileşenlerin etkisi tam olarak bilinmediği için PM'den korunma ile ilgili yönetim seçeneklerinin ne olması gerektiği de yönetmeliklere yansımamaktadır (Mitloehner and Calvo, 2008). Ne var ki tozu oluşturan bir bileşenin etkisini belirlemek zor bir işlemdir; ayrıca örneğin inorganik mineral tozların solunumla ilgili diğer toksinlerden ayrı düşünülmesi de yapay bir işlem olmaktadır (Schenker, 2000). Bu nedenle tarım sektörünün alt sektörlerinde toz bileşenlerinin (hem mineral hem de organik) ve endotoksinler gibi mikroorganizmaların birleşik sağlık etkilerinin ayrıntılı

bir şekilde araştırılması gerekli görülmektedir (Mitloehner and Calvo, 2008).

Tarımsal emisyonlar Avrupa'da hava kalitesi açısından yerel ve bölgesel sorunlara neden olabilmektedir. Bunlar arasında ötrofikasyon ve asidifikasyon, toksikler ve sera gazlarında artış bulunmakta ve birçok çevresel etkiye neden olmaktadır. Bu nedenlerle, sadece PM emisyonları değil aynı zamanda PM10 ve PM2.5'un  $\text{NH}_3$  tanımlayıcısı ile birlikte incelenmesi gerekmektedir (Erisman et al., 2007).

Tarımda kapalı binalarda yapılan ölçümlerde olduğu kadar tarla işlemleri sırasında çıkan toz emisyonlarının ölçülmesinde de kirleticilerin mekânsal dağılımının belirlenmesi, ölçüm yapılacak noktaların belirlenmesi açısından önemlidir. Araştırmacılar kapalı alanlarda genellikle binanın ortasında veya soluna bölgesinde ölçüm yapma eğiliminde olmaktadır. Kirletici dağılımı, örnekleme hacmi içinde tekdüze ise örnekleme noktası rastgele olabilir. Değilse en doğru örnekleme noktasının belirlenmesi için öncelikle bina içinde kirleticilerin mekansal dağılımı belirlenmelidir (Jerez et al., 2011).

Avustralya'da tarım işçilerinin farklı kirleticilere maruziyetinin belirlenmesi için hayvan üretiminde her ana üretim dalının (domuz, kanatlı, süt sığırcılığı, atlar ve koyunlar) farklı iklim ve mevsim koşullarında incelenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Ele alınması gereken diğer konular maruziyetten hemen önce ve sonra ve maruziyetten en az bir hafta sonra solunum semptomlarının belirlenmesi, uzun dönemli maruziyet ve semptom ölçümleri, maruz kalınan bakteri ve mantarların ve zehirliliğin belirlenmesi ve gerektiğinde mesleki hijyen için çözümler geliştirilmesi konularıdır (Reed et al., 2006). Avustralya'da sigara alışkanlığı, cinsiyet ve üretim karakteristiklerinin etkilerinin belirlenmesi için daha fazla araştırma yapılması gerektiği önerilmiş, ayrıca domuz ve kanatlı yetiştiriciliğinde diğer ülkelere göre daha yaygın astım hastalığı görülmesinin de daha fazla araştırma yapılması gerekliliğine işaret ettiği sonucuna varılmıştır.

Tarla içinde ve çevresinde toz maruziyeti giderek artan bir ilgi çektiği için yeni emisyon yönetmeliklerinin çıkması olasıdır. Toz bulutlarının davranışına ilişkin fazla kaynak bulmak mümkün değildir. Tarımsal alanlarda toz emisyonu sonucu

ortaya çıkan tozların davranışını modellemek kolay olmadığı için örnekleme noktalarının belirlenmesi de zordur. Bu yüzden toz emisyonlarının belirlenmesi için toz dağılımlarının ölçülmesi ve simülasyon çalışmalarının yapılması gerekli görülmektedir (Wang et al., 2008). Ayrıca, anız yakma işlemi sırasındaki hava kalitesi ile ilgili çok az sayıda çalışma bulunmaktadır; maruziyetin karakteristikleri üzerine ise daha da az çalışma bulunmaktadır. Anız yakmanın hava kalitesine etkisinin ve ilişkili sağlık etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir (Jimenes, 2006).

Kristal silika, toprak kompozisyonunun %20'sini oluşturmakta ve interstisyel fibrozuna, %80'ini oluşturan silikatlar ise karışık toz akciğer konyozuna (akciğer fibrozu) neden olabilir veya artırabilir. Akciğer fibrozunun klinik sıklığı ve görülme oranı bilinmediği için bu konuda araştırmalar yapılması gerekmektedir (Schenker, 2000).

İşçi maruziyeti çalışmaları sağlık çıktıları ile, benzer şekilde sağlık araştırmaları da kişisel maruziyet ölçümleri ile ilişkilendirilmelidir (Reed et al., 2006). Buna ek olarak, mesleki maruziyet çalışmaları yapılırken kişisel örnekleme tercih edilmelidir. Çünkü sabit örnekleme noktalarında yapılan ölçümler solunan alerjenlerin düzeyini daha düşük göstermektedir (Lee et al., 2006). Kanatlı üretiminde çalışanlar daha yüksek konsantrasyonlara maruz kaldıkları için kanatlı çalışanları için solunum korunma programlarının uygulanması önerilmektedir (Müller et al., 2006).

Daha önce ifade edildiği gibi, farklı kuruluşlar belirli boyutlardaki partiküller için farklı sınır konsantrasyon değerleri belirlemiştir. Örneğin, ACGIH PM10 ve PM2.5 için sırasıyla 10000  $\mu\text{m}^{-3}$  ve 3000  $\mu\text{m}^{-3}$  değerlerini sınır kabul ederken NIOSH tahıl tozu için konsantrasyon sınırını 4000  $\mu\text{m}^{-3}$  olarak belirlemiştir. Oysa domuz üretiminde sağlık etkileri 2400-2500  $\mu\text{m}^{-3}$  düzeyinin hemen üzerinde, kanatlı üretiminde ise 1600  $\mu\text{m}^{-3}$  gibi düşük konsantrasyonlarda görülebilir (Kirkhorn and Garry, 2000). Hayvansal üretimde, bitkisel üretim ve tarıma dayalı sanayi ile karşılaştırıldığında, daha çok toksik gaz partikülü görüldüğü için tozun kompozisyonu mikroorganizmaların miktarına bağlı olarak önemli oranda değişmektedir. Bu nedenle hayvan üretiminde sağlık etkileri tarımın diğer alt sektörlerine göre daha düşük konsantrasyonlarda görülebilir. Bu bağlamda sağlık kuruluşlarının daha güvenilir ve uygulanabilir

sınır değerleri belirleyebilmesi için çok farklı bileşenlerin kısa ve uzun dönemli sağlık etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Farklı kuruluşların halen değişik sınır değerleri kullanıyor olması da bu konuda araştırmaların devam etmesi gerektiğini göstermektedir.

Tarımsal tozların, özellikle inorganik tozların ve maruz kalınan gerçek dozun doğasını ve patojenliğini karakterize etmek için çok daha fazla araştırmaya gerek duyulmaktadır (Schenker, 2000).

Sonuç olarak, teknik önlemlerin ve kişisel korunma cihazlarının geliştirilmesi veya korunma teknikleriyle ilgili farkındalığın artırılması amacıyla çok daha fazla veri toplamak üzere daha fazla bilimsel çalışma yapılmasının gerekli olduğu anlaşılmaktadır.

### **Politikalar ve korunma**

Hava kalitesi politikalarının kırsal alanda uygulamaya aktarılması kentsel alanlara göre çok geridedir. Bunun nedenini açıklayan en iyi örneklerden birisi ABD'deki durumdur. ABD'de 11 kişiden az çalışanın bulunduğu işletmeler İş Güvenliği ve Sağlığı Kurumu (OSHA) tarafından denetlenmemektedir ve ortalama bir tarım işletmesinde çalışan sayısı çok azdır. Bu bağlamda, tarım işletmelerinde çalışanlar arasında hem mühendislik kontrol sistemleri hem de kişisel korunma ile ilgili farkındalık yeterince gelişmemektedir (Kirkhorn and Garry, 2000). Durum daha az gelişmiş ülkelerde de farklı görünmemektedir. Ülkemizde İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (Anonim, 2012) "işyeri" tanımı yapmaktadır. Oysa kırsal kesimde çalışanların yaklaşık %60'ı kendi nam ve hesabına çalışanlardan oluşmakta ve kanundaki tanım gereği iş sağlığı ve güvenliği açısından hedef kitlenin dışında kalmaktadır. Sonuç olarak, tüm dünyada tarım işletmelerinde ve tarıma dayalı sanayide kişisel korunmaya dönük politikaların ve uygulamaların yetersiz olduğu sonucuna varılabilir.

Türkiye'de Tozla Mücadele Yönetmeliği'ne göre, çalışanların sağlığını ve güvenliğini sağlamak işverenin görevi olup gerekli olduğu durumlarda tozla mücadele birimi kurulması, bu birimin kurulmasının gerekli olmadığı durumlarda ise tozla ilgili ölçümlerin akredite laboratuvarlara veya İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü (ISGUM)'ne yaptırılması gerekmektedir. Buna göre, çalışan sayısının 300'den az olduğu işletmelerde birer ay aralıkla en az 3 ölçüm

yaptırılması öngörülmektedir. Yönetmelikte yapılan değerlendirmeler daha çok madencilik, kimya ve imalat endüstrisiyle ilişkilidir. Ancak, işletme başına az sayıda işçi çalıştıran veya büyük çoğunluğu aile işletmesi olan tarım işletmelerinde toz ölçümü yapılmasına ilişkin bir düzenleme yoktur. Oysa ülke nüfusunun yaklaşık 1/3'ü tarım sektöründe çalışmaktadır ve hangi risklere maruz kaldıklarına ilişkin bilimsel veriler de yetersizdir.

Hava kirliliğinin veya iş ortamında tozlara ve mikroorganizmalara maruziyetin azaltılması için geliştirilen politikalar çok önemlidir. Halk sağlığının gelişmesi için tüm sektörlerden üretilen emisyonların mümkün olduğu kadar azaltılması gerekmektedir. Ancak, bu ekonomik veya pratik olmayabilir. Örneğin, Avrupa'da tarımsal faaliyetlerin hava kirliliğini artırarak en fazla baskı yaratan konular arasında yer aldığı ifade edilmiştir. Asidifikasyon, ötrofikasyon ve PM konsantrasyonları konularında amaçlara ulaşılabilmesi için Avrupa'da çok daha fazla kısıtlamanın hedeflenmesi gerekmektedir (Erisman et al., 2007).

ABD'de Çevre Koruma Ajansı (EPA), 1996'da stabilize yolları, park alanlarını, boş park alanlarını ve tarım sektörünü orta düzeyli kirlenim düzeyinden ciddi kirlenim sınıfına almıştır. Böylece bu yerlerde emisyon azaltma programlarının uygulanması gerekli hale gelmiştir (ADEQ, 2008). Arizona yasama organı, 2007 yılının sonuna kadar PM10 programına uyulmasını ve tek parça halinde en az 40 dekar büyüklüğündeki tarlalarda tarımsal PM10 genel permisine (iznine) uyulmasını istemiştir. Bu amaçla En İyi Yönetim Pratikleri adı altında tanımlamalar yapmış ve üreticilerin "toprak işleme ve hasat", "tarla dışı" ve "tarla tarımı" olarak tanımlanan üç sınıf işlemin her birinde En İyi Yönetim Pratikleri'nde tanımlanan uygulamalardan en az bir tanesini uygulamaya başlamasını zorunlu hale getirmiştir (ADEQ, 2008).

Tarımda kişisel korunma araçlarının yaygın kullanılmamasının en önemli nedenleri arasında rahat olmamaları ve sıcak hissettirmeleri gelmektedir. Ancak iki askılı toz ve mist maskeleri tozlu ve küflü çalışma ortamlarında kullanılabilir (ADEQ, 2008).

Bir araştırmada 702 sertifikalı pestisit uygulayıcısından elde edilen bilgi kullanılarak 16 farklı mühendislik kontrolünün ve 13 tip kişisel koruyucu ekipmanın (PPE) kullanımı incelenmiştir (Coffman et al., 2009). Uygulayıcılardan %50'den fazlası 8

mühendislik kontrol aracını kullanmaktadır. Teknik kontrol yöntemlerinin kullanımı üretilen ürüne, işlenen alana ve pestisit uygulama makinesine göre değişmiştir. Mühendislik kontrol yöntemleri genellikle büyük arazilerdeki hidrolik ilaçlama makinelerinde görülmüştür. Kullanıcıların çoğu kişisel koruyucu araçları ve kimyasaldan etkilenmeyen eldivenleri kullanmaktadır. Uygun kask kullanımının da arttığı görülmektedir.

Mitchell and Schenker (2008), 588 üreticiyi 1993 ile 2004 yılları arasında izlemiş ve çiftçilerin korunma davranışlarını ve kişisel karakteristiklerini belirlemeye çalışmışlardır. Sigara alışkanlığı ve işletme büyüklüğü ile ilgili konularda tanımlamalar yapabilmiş ve üreticilerin sadece %25'inin solunum sağlık riskleri ile ilgili olarak çok ilgili olduklarını belirlemiştir. 1993'ten 2004'e kadar toz maskesi veya solunum cihazı kullananların oranı %54'ten %37'ye düşmüştür, ancak solunum önlemleri alanların oranı yaklaşık %20 dolayında kararlı bir şekilde kalmıştır. Bu yıllar arasında kapalı kabin kullanımı çok az miktarda (%14'ten %17'ye kadar) artmıştır. Düzenli olarak toz maskesi kullananlar eskiden sigara alışkanlığı olup sağlığı ile ilgili endişe duyanlar olmuştur. Araştırmacılar, üreticilerin uzun dönemli solunum hastalığı riskleri ile ilgili eğitilmesi gerektiğini önermişlerdir.

Arazi koşullarında alınacak bazı önlemler toz emisyonlarının ve dolayısıyla kişisel maruziyet düzeylerinin azaltılmasında yararlı olabilir. Bunlardan bazıları toprak işlemez ekim veya doğrudan ekim, 2 m yükseklikte rüzgar hızı 40 km h<sup>-1</sup>'ten fazlaysa tohum yatağı hazırlığı yapılmaması, azaltılmış toprak işleme veya minimum toprak işleminin adapte edilmesi ve malçlı toprak işlemdir. Bu uygulamalar aynı zamanda toprağın PM10 üretimi açısından hassas koşullarda işlem yapılmaması gibi önlemlerle de birleştirilmeli, çalışma hızı düşürülmeli, rüzgâr kıranlar (ağaç, çalı vb.) yapılmalı ve erozyonu azaltmak ve toprak nem düzeyini yüksek tutmak için tarla yüzeyinde anız bırakılması gibi önlemlere başvurulmalıdır (ADEQ, 2008).

Tozu azaltmak için uygulanabilecek koruyucu teknik önlemlerden bazıları taneli materyalin uygun yöntemlerle kurutulması, depolanması, saklanması ve taşınması; yağmurlama yöntemiyle su püskürtülmesi; suyla sisleme; unlu yemlere sebze yağları eklenmesi; hayvanların üzerine ince yağların sisleme şeklinde

uygulanması; binaların ve havalandırma sisteminin tasarımında donanım seçiminin doğru yapılması ve süreçlerin dikkatli planlanmasıdır (NBOSH, 1994).

Toz konsantrasyonları yeterince yüksek olduğunda üst ve alt solunum yolları rahatsızlıkları ve hastalıklarından korunmak için koruyucu solunum ekipmanları kullanılmalıdır. Genel amaçlı toz maskeleri sadece tahıl taşıma ve iletiminde ortaya çıkan büyük partiküllerden koruyabilir, ancak ciğerlere kadar ulaşan ince partiküllerden koruyamayacağı için uygun değildir (HSE, 2005). Önerilen koruyucu ekipmanlar, kullanılıp atılan yüz maskeleridir. Bunlar BS EN 149 normuna uygun olmalıdır. Değilse BS EN 140'a uyumlu olan yarı maske solunum cihazları kullanılabilir (HSE, 2006). Ne var ki çalışma ortamında oksijenin yeterli olup olmaması da en iyi maske tipinin belirlenmesinde önemli olabilir. Çünkü %17'den daha az oksijen bulunan ortamlarda maske kullanımı tehlikeli olabilir (Hetzl, 2010). Tarımsal işlemler sırasında büyük miktarlarda toz üretiliyorsa filtreli ekipmanlar (toz kaskları) kullanılmalıdır. Buna örnek olabilecek işlemler hayvanların tartılması, kanatlıların kümese konması veya çıkarılması, küflü helezonların temizlenmesi, kabinsiz harmanlama makinelerinin kullanılmasıdır (NBOSH, 1994).

Mühendislik çözümlerinin ekonomikliği emisyonların ve kişisel maruziyetin azaltılması için uygulanacak yöntemlerin belirlenmesinde önemli olabilir. Türkiye'de, çırçır fabrikalarında olduğu gibi, çok düşük düzeyli teknoloji kullanılması nedeniyle teknik çözümler genellikle çok zayıftır (Aybek et al., 2010). Lahiri et al., 2005, inşaat sektöründe taş değirmenlerinde 5 işçinin üç vardiya çalıştığı fabrikalarda silikoz hastalığı riskini elimine etmek için 5000-10000 \$ arasında bir maliyet gerektiğini tahmin etmiştir. Başka alanlarda havalandırma maliyeti sadece 650 \$ olarak bulunmuştur. Bunun sonucunda gerek gelişmekte olan gerekse gelişmiş ülkelerde yıllık 106 \$ işletme maliyeti ile havalandırma sistemlerinin iyileştirilebileceğini ifade etmişlerdir. Bu tahminlerde silikoz hastalığının azaltılması hedeflenmiş olup sigara içmenin maliyet etkisi hesaba katılmamıştır.

Bitkisel üretimde en gelişmiş teknik çözüm uygun filtre sistemi ile donatılmış kapalı bir kabin kullanımıdır. Orijinal bir kabin havayı yeterli şekilde filtre edebilir ve PM konsantrasyonlarını 2000-20000  $\mu\text{g m}^{-3}$  düzeylerinden 100-1100  $\mu\text{g m}^{-3}$  düzeyine

kadar azaltabilir (Kirkhorn and Garry, 2000). Dolayısıyla kapalı bir kabin özellikle toprak işleme sırasında silikadan korunmak için en iyi yöntemdir. Tahıllar ile ilgili işlemlerde de teknik ve kişisel önlemlerin bir arada düşünülmesi gerekmektedir. Çünkü tahıl tozu konsantrasyonları çok geniş bir aralıkta değişkenlik göstermektedir ve harmanlama ve temizleme gibi işlemlerde 72500  $\mu\text{m m}^{-3}$  seviyelerine kadar çıkabilir. Ancak, tarımda toz maskesi kullanma oranı düşük olduğu için teknik çözümlerin geliştirilmesine devam edilmelidir.

## SONUÇ

Çalışma ortamında soluma sonucunda tozlar (partikül maddeler-PM) çalışanların üst ve alt solunum yollarına ulaşmaktadır. On mikrondan küçük partiküller (PM10) üst solunum yollarına, 2.5 mikrondan küçük partiküller (PM2.5) ise alt solunum yollarına kadar girebilmektedir. Partikül maddeler iş ortamında kişiler üzerinde organik veya inorganik kökenli olmalarına bağlı olarak farklı etkiler yaratabilmektedir. Partikül maddelerin çalışanların sağlığı üzerine etkileri, üst ve alt solunum yolu rahatsızlıklarından başlayıp astım ve akciğer kanserine kadar gelişebilmektedir. Bu nedenle, çalışanların toz maruziyeti belirli sınır konsantrasyonların üzerine çıkmamalıdır. Sınır değerler tozun kaynağına bağlı olarak değiştiğinden sınır konsantrasyon değerler belirlenirken maruz kalınan maddeler dikkate alınmaktadır. Ancak, tarımda çok farklı çalışma ortamlarında görülen etken maddelerle insan sağlığı arasında neden-sonuç ilişkileri henüz çok iyi anlaşılmiş değildir. Bu nedenle, farklı ülkelerde, farklı bölgelerde, tarımın farklı alt sektörlerinde toz konsantrasyon düzeyi, maruziyet süresi, kişisel faktörler ve diğer faktörler üzerine çok daha fazla araştırmalar yapılması gerekmektedir. Araştırmalar, tozların kaynağında azaltılması, tarım iş kollarında çalışanların maruz kaldığı toz konsantrasyon düzeylerinin ve toz fraksiyonlarının belirlenmesi, risk faktörlerinin ve risk seviyelerinin anlaşılması, kişisel koruyucuların kullanılması, yönetmelik ve mevzuatın bilimsel gelişmeler ışığında güncellenmesi konularında devam etmelidir.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- ADEQ, 2008. Arizona Air Quality Division. Guide to Agricultural PM10 Best Management Practices, Governor's Agricultural Best Management Practices Committee, Second Edition.
- Anonim, 2013. Tozla Mücadele Yönetmeliği. 05.11.2013 tarih ve 28812 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim, 2012. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. 30.06.2012 tarih ve 28339 sayılı Resmi Gazete.
- Arslan, S., A. Aybek. 2011. PM10, PM2.5 and PM1 concentrations in cotton ginners. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 7(2): 113-119.
- Arslan, S., A. Aybek, H. Ç. Ekerbiçer. 2010. Measurement of personal PM10, PM2.5 and PM1 exposures in tractor and combine operations and evaluation of health disturbances of operators. *Journal of Agricultural Sciences*, 16: 104-115.
- Aybek, A., S. Arslan, Ş. Genç. 2009. The effect of PM10 and PM2.5 pollution on feed mill workers. *International Agricultural Engineering Conference*, IAEC Ref. 250, Bangkok, Thailand.
- Aybek, A., S. Arslan, H. Ç. Ekerbiçer, 2010. Tarım ve tarıma dayalı sanayi tesislerinde partikül madde yoğunluklarının ve sağlık risklerinin belirlenmesi, sonuç raporu, TÜBİTAK Proje No: 107 O 513.
- Baker, J. B., R. J. Southard, J. P. Mitchell, 2005. Agricultural dust production in standard and conservation tillage systems in the San Joaquin Valley. *Journal of Environmental Quality* (34): 1260-1269.
- Coffman, C. W., J. F. Stone, A. C. Slocum, A. J. Landers, C. V. Schwab, L. G. Olsen, S. Lee, 2009. Use of engineering controls and personal protective equipment by certified pesticide applicators. *J Agric Saf Health* 15(4): 311-26.
- COSHH, 2002. Approved Code of Practice and Guidance. Control of Substances Hazardous to Health Regulations (Fifth edition). ISBN 978 0 7176 2981 7.
- Elci, O. C., M. Akpınar-Elci, A. Blair, M. Dosemeci, 2002. Occupational dust exposure and the risk of laryngeal cancer in Turkey. *Scand J Work Environ Health* 28(4): 278-284.
- [www.epa.gov/nrmrl/pubs/.../600r04042.pdf](http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/.../600r04042.pdf)
- EPA, 2009. Air Quality Index: A Guide to Air Quality and Your Health. EPA-456/F-09.
- EPA, 2012. Particulate Matter. <http://epa.gov/ncer/science/pm/>
- Erisman, J. W., A. Bleeker, A. Hensen, A. Vermeulen, 2007. Agricultural air quality in Europe and the future perspectives. *Atmospheric Environment* (42): 3209-3217.
- FAO-ILO-IUF, 2005. Agricultural Workers and Their Contribution to Sustainable Agriculture and Rural Development. Geneva, Switzerland: International Labour Organization.
- Hetzel, G. H. 2010. Respiratory Protection in Agriculture. Virginia Cooperative Extension.
- HSE, 1998. Grain Dust. Guidance Note EH66. Second Edition.
- HSE, 2005. Respiratory Protective Equipment at Work: A Practical Guide. Series Code: HSG53.
- HSE, 2006. Farmers' Lung. Web version of Leaflet AS5.
- HSE, 2007. Controlling Grain Dust on Farms. Agriculture Information Sheet No 3 (rev).
- Jager, A. C. 2005. Exposure of Poultry Farm Workers to Ammonia, Particulate Matter and Microorganisms in the Otchefstroom District, South Africa. MSc Dissertation, North-West University, South Africa.
- Jerez, S. B., Y. Zhang, X. Wang, 2011. Spatial and temporal distributions of dust and ammonia concentrations in a swine building. *Transactions of the ASABE* 54(5): 1873-1891.
- Jimenes, J. R. 2006. Aerosol Characterization for Agricultural Field Burning Smoke. PhD Dissertation. Washington State University.
- Kirkhorn, S. R., V. F. Garry, 2000. Agricultural lung diseases. *Environmental Health Perspectives* Vol. 108, Supplement (4): 705-712.
- Küpeli, E., D. Karnak, 2011. Hipersensitivite pnömonisi. *Tüberküloz ve Toraks Dergisi* 59(2): 194-204.
- Lahiri, S., C. Levenstein, D.I Nelson, B.J. Rosenberg, 2005. The cost effectiveness of occupational health interventions: Prevention of silicosis. *American Journal of Industrial Medicine* 48(6):503-14.
- Lane, S. R., P. J. Nicholis, R.D.E. Sewell, 2004. The measurement and health impact of endotoxin contamination in organic dusts from multiple sources: Focus on the cotton industry. *Inhalation Toxicology* (16): 217-229.
- Lee, S. A., A. Adhikari, S. A. Grinshpun, R. McKay, R. Shukla, T. Reponen, 2006. Personal exposure to airborne dust and microorganisms in agricultural environments. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* (3): 118-130.
- Long, W., Tate, R. B., Neuman, M., Manfreda, J., Becker, A.B., Anthonisen, N.R. 1998. Respiratory Symptoms in a Susceptible Population Due to Burning of Agricultural Residue, *Chest*; 113;; 351-357.
- Matthews, J., A. A. Knight, 1971. Ergonomics in Agricultural Equipment Design. National Institute of Agricultural Engineering, Silsoe.
- Mitchell, D. C., M. B. Schenker, 2008. Protection against breathing dust: behavior over time in Californian farmers. *J Agric Saf Health* 14(2): 189-203.
- Mitloehner, F. M., M. S. Calvo, 2008. Worker health and safety in concentrated animal feeding operations. *Journal of Agricultural Safety and Health* 14(2): 163-187.

- Müller, N., F. Xavier, L.A. Facchini, A. G. Fassa, E. Tomasi, 2006. Farm work, dust exposure and respiratory symptoms among farmers. *Rev Saúde Pública* 2006; 40(5) NAAQS. National Ambient Air Quality Standards, USA.
- NBOSH, 1994. The Swedish National Board of Occupational Safety and Health. Organic Dust in Agriculture. General Recommendations of the Swedish National Board of Occupational Safety and Health on Organic Dust in Agriculture, AFS: 11.
- Omland, Ø, 2002. Exposure and respiratory health in farming in temperate zones – a review of the literature. *Ann Agric Environ Med* 2002 (9): 119–136.
- OSHA, 2010. Occupational Safety and Health Standards. <http://www.osha.gov>
- Radon, K., E. Monso, C. Weber, B. Danuser, M. Iversen, U. Opravil, K. Donham, J. Hartung, S. Pedersen, S. Garz, 2002. Prevalence and risk factors for airway diseases in farmers - summary of results of the European Farmers' Project. *Ann Agric Environ Med* (9): 207–213.
- Radon, K., S. Garz, A. Riess, F. Koops, E. Monso, C. Weber, B. Danuser, M. Iversen, U. Opravil, K. Donham, J. Hartung, S. Pedersen, D. Nowak, 2003. Respiratory diseases in European farmers-II. Part of the European farmers' Project. *Pneumologie* 57(9): 510-7.
- Reed, S., M. Quartararo, R. Kift, M. Davidson, R. Mulley, 2006. Respiratory illness in farmers dust and bioaerosols exposures in animal handling facilities. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation, RIRDC Publication No 06/107.
- Sabancı, A., 1999. *Ergonomi*. Baki Kitabevi, Yayın No:13. Adana.
- Salvato, J. A, N. L. Nemerow, F. J. Agardy, 2003. *Environmental Engineering*. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Schenker, M. B. 1998. Supplement: American Thoracic Society. Respiratory Health Hazards in Agriculture. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Volume 158 Number 5, Part 2, pp1-76.
- Schenker, M. B. 2000. Exposures and health effects from inorganic agricultural dusts. *Environmental Health Perspectives*, Vol. 108 Supplement 4: Occupational and Environmental Lung Diseases 661-664.
- Swanepoel, A. J., D. Rees, R. Renton, C. Swanepoel, H. Kromhout, K. Gardiner, 2010. Quartz exposure in agriculture: literature review and South African survey. *Ann. Occup. Hyg.* 54(3): 281–292.
- Torigoe, K., S. Hasegawa, O. Numata, S. Yazaki, M. Matsunaga, N. Boku, M. Hiura, H. Ino, 2000. Influence of emission from rice straw burning on bronchial asthma in children. *Pediatrics* (42):143-50.
- Wang, J., A. L. Hiscox, D. R. Miller, T. H. Meyer, T. W. Sammis, 2008. A dynamic Lagrangian, field scale model of dust dispersion from agriculture tilling operations. *Transactions of the ASABE* 51(5): 1763-1774.
- WHO, 1999. Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust, Geneva - WHO/SDE/OEH/99.14.
- WHO, 2000. Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition. WHO Regional Publications. European series; No. 91.
- Witney, B., 1988. *Choosing and Using Farm Machines*. Copublished in The United States with John Wiley & Sons Inc., Newyork.
- Zock, J. P., D. Heederik, H. Kromhout, 1995. Exposure to dust, endotoxin and micro-organisms in the potato processing industry. *Annals of Occupational Hygiene* 39(6): 841-854.