

TARIMSAL İŞLEMLERDE OLUŞAN TOZLARIN TUTULMASI AMACIYLA UYGULAMA ALANINA GİREN YENİ PRENSİPLER VE TOZU AYIRAN SİSTEMLER

Doç. Dr. İlyas Kurtuluş TUNCER/1

ÖZET

Tarım tekniğinde ürünlerin işlenmesi ve tarımsal işlemler esnasında çalışan insan ve kullanılan makinaların emniyetini tehlikeye sokacak oranlarda toz oluşmaktadır. Havanın tozla kirlenmesinde insan, hayvan ve makinaların zarar gördükleri toz konsantrasyonu sınırları saptanmıştır. Sağlığı ve çalışma emniyetini koruyacak şekilde havanın temizlenmesi gerekmektedir.

Toz ayırıcı aygıtlar tozları ağırlıkları ve merkezkaç kuvvet ekkisinde bırakılmaları, statik elektrikle yüklenmeleri, dış sürtünme kuvvetinin artırılması ve benzeri fiziksel kuvvetlerinin etkilerinin düzenlenmeleri prensipleriyle çalışmaktadırlar. Bu fiziksel kuvvetlerin etki tarzını ve bağıntılarını açıklayan teorik ve deneysel eşitlikler araştırmacılar eliyle ortaya konulmuştur.

Fiziksel prensipleri uygulayarak çalışan klasik ve kullanma alanına yeni girmiş olan toz ayırıcı aygıtlar bu derleme çalışmasında tanıtılmıştır.

GİRİŞ :

Çevremizde devamlı artış halindeki teknik gelişim canlıların yaşamaları için gerekli hava ortamındaki zararlı maddelerin insan sağlığını tehdit eder derecede artmasına neden olmuştur. Hava kirlenmesinin başlıca sebebi olarak toz yapan maddelerin günden güne daha fazla üretilmesi

ve toz yapıcı işlemlerde hemen hiç toz ayırma önlemi alınmayışı sayılabilir.

Tarım tekniğinde ara ve son ürünün kurutulması, öğütülmesi, tasnif edilmesi, karıştırılması, kavuzlarından veya yabancı maddelerden temizlenmesi, pnömatik taşıma gibi

1/ Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ziraat Atlet ve Makinaları Bölümü Öğretim Üyesi.

işler toz kaynağını oluşturur. Tarımsal işlemler, örneğin toprak işleme, savurmalı gübre dağıtma, hububat hasadı, toz ilaç atılması vb. işçinin çalıştığı ortam havasını tehlikeli derecede kirletir.

Havayı temiz tutmak için çaba sarfının amacı sadece tozun sıhhat yönünden tehlikesini azaltmak değildir, çalışma konforunun yükseltilmesi ve tozun rahatsız verici etkisinin giderilmesi de arzu edilir.

Toz denilince hava içine dağılmış değişik şekil, strüktür ve yoğunlukta uçucu maddeler anlaşılır. Bu uçucu maddelerin kaynağı tabii veya tekniğin ürünü olabilir. Kaynağı doğal olan tozlar organik (çocuk tozu, mantar sporları tohumlar virüsler) veya anorganik tozlar (jeolojik kayaların ufalanmasıyla oluşan) olarak iki grupta toplanır. İşleme tekniğinin oluşturduğu tozları temizleme ve işleme sonucu meydana gelen ve yakma sonucu oluşan tozlar diye sınıflandırmak mümkündür.

Kirli-tozlu hava canlılar için olduğu gibi makineler için de devamlı bir tehlike kaynağıdır. Havayı emerek çalışan kompresörler ve termik motorlarda aşınmalar ve sürtünen parçalarda ısınma artar. Makina üzerinde toplanan tozlar ısı iletimini azaltır, dolayısıyla yeterince soğutulmasını engeller. Değirmencilikte toz toplanması patlamalara kaynak olur. Tozun insan

sağlığı üzerindeki zararlı etkileri özellikleri deri, sindirim ve solunum hastalıklarını yapmasıyla görülür. Akciğerde toz birikimi öldürücü bir hastalıktır. Tarımda özel hastalıklara küf mantarları, bakteriler sebep oldukları gibi akciğerde hububat tozu, kenevir tozu, toprak mineralleri gibi silişli tozların toplanmasıyla bronşit ve diğer akciğer hastalıkları meydana gelebilir.

Tarımda toz sorununun büyük olduğu işlemleri toprak işleme ve hasat olarak belirlemek mümkündür. Mısır ve şeker pancarı için toprak işlemede, insanın nefes alma yüksekliğinde 1 m³ havada 80 mg'a varan toz birikimi ölçülmüştür. Bu tozun % 60 oranında mineral ihtiva ettiği ve mineraller içinde % 20 kuars bulunduğu saptanmıştır.

Havanın kirlenme derecesi olarak MTK sembolüyle gösterilen ölçü kullanılmaktadır. MTK, günde sekiz saat çalışma süresine göre çalışılan ortam havasında bulunmasına müsaade edilebilen Maximum Toz konsantrasyonunu belirleyen bir sınır ölçüdür. MTK altında değerlere sahip hava kirliliğine tolerans gösterilebilir. Örneğin toprak işleme esnasında % 10 N 70 silis ihtiva eden MTK değeri 2 mg/m³ olan toz muhtevası zararsızlık sınırında kalmaktadır. % 6-8 silis ihtiva eden hububat (hasadı) tozlarında MTK sınır değeri 4 mg/m³ kabul edilmektedir.

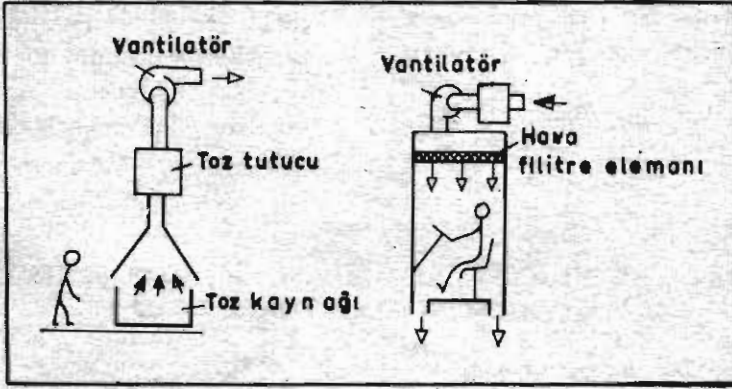
HAVANIN TOZDAN ARINDIRILMASI ÖNLEMLERİ

Tozla savaşta iki önleme başvurulur. Bunlar, toz kaynağını ortamdaki izole ederek tozun ortama

dağılmasını önlemek veya işçinin bulunduğu ortamı izole ederek kirli havayı temizleme işleminden sonra

içeri almaktır. Havayı tozdan arındırmak için pratikte kullanılan aygıtlar; emmeli (aspiratörlü) davlumbazlar, havayı ıslatan duşlar ve fi-

litreli kabinlerdir. (Resim 1:) İşlenmesi esnasında toz yapan ürünün üzerine geçirilen bir davlumbazlı hava emme düzeni tozun ortama dağılmasına fır-

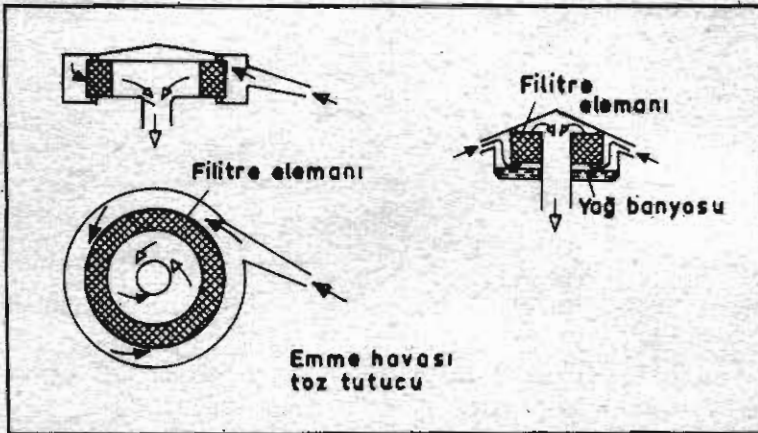


Resim : 1

sat vermez. Bir su duşu içinden geçirilen havanın tozları ıslanıp ağırlaşır ve çöktürülür. Biçerdöver traktör gibi iş makinalarında koruyucu kabin sürücüyü tozdan kurtarır Tozlu hava bir filtrede süzülüp kabine verilebilir. Kaba tozlar merkezkaç kuv-

vet etkisiyle ayıran siklonlarla ince tozlar ise filtreden geçirerek ayrılırlar.

Termik motorlarda veya kompresörlerde aşınmanın önlenmesi için kuru ve yağ banyolu filtreler veya merkezkaç kuvvetle ayıran siklonlar kullanılmaktadır. (Resim 2:)



Resim : 2

Tarımda raslanan tozların zerrelere kuru veya ıslak olmalarına göre yoğunlukları 200 ile 2000 kp/m³'e kadar, çapları ise 0,1 ile 50 µ m'ye kadar değişen sınırlarda değişebilen değerler alırlar. Toz zerrelere kuru sistemde ayrılmaları için gerek amaca uygun ayırması gerekse ekonomik olması bakımından mekanik ayırma metodları kullanılır. Mekanik ayırmadan ağırlık etkisiyle çöktürme veya

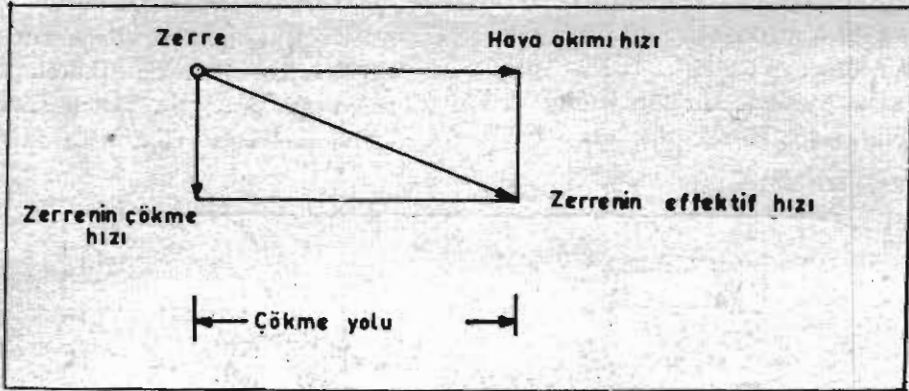
merkezkaç kuvvet etkisiyle ayırma anlaşılır.

Ağırlık etkisiyle hava akımı içinde bulunan 40 µ m çapındaki merkezkaç kuvvet yardımıyla ise 5 µ m çapındaki zerrelere ayrılabilir. 5 µ m'den küçük çaplı zerrelere temizlenmesi gereken haller de vardır. Bu amaçla kuru veya yaş filitreleme veya elektrikli ayıcıların kullanılması zorunlu olmaktadır.

HAVA AKIMI İÇİNDEKİ TOZLARIN AĞIRLIK ETKİSİYLE AYRILMASINDA TEORİK ESASLAR

Hava akımı içinde taşınan toz zerrelere yerçekimi kuvvetinin etkisi ve havanın zerreye karşı gösterdiği direnç etkisiyle çökme eğilimindedirler. (Resim 3)

Toz zerresini etkileyen kuvvetleri, zerrenin ağırlığından dolayı doğan kuvvet (G kp) zerreye havanın kaldırma kuvveti (A kp) ve zerrenin hareketine karşı koyan hava direnci



Resim : 3

(W kp) olarak belirleyebiliriz. Buna göre $G - A = W$ eşitliği yazılabilir. Toz zerresi hacmi $V(m^3)$ ve yoğunluğu γ_T (kp/m³), havanın yoğunluğu γ_H (kp/m³) olursa; $G = V \cdot \gamma_T$ Yerçekimi kuvveti

$A = V \cdot \gamma_H$ Havanın kaldırma kuvveti değeri yazılabilir. γ_H değeri γ_T 'a kıyasla çok küçüktür..

$$\gamma_H = (\% 0,1 - \% 0,6) \gamma_T \text{ 'dir.}$$

dolayısıyla A kuvveti ihmal edilebilir.
Toz zerresi için denge durumu

$W = G = V \cdot \gamma_T$ olarak yazılır.
Küre şeklinde cisimler için , çap d
olacağı için;

$$W=G= \frac{\pi d^3}{6} \cdot \gamma_T \text{ yazılır.}$$

Laminer akımda stok formülü

$$W_{lam}=6. \pi \cdot \eta_H \cdot \frac{d}{2} V_{lam} \text{ şek-}$$

lindedir (1).

Formülde semboller: η_H = Havanın
dinamik vizkozitesi (kps/m²)

d = Şekli küre
olan zerrenin çapı
(m)

V_{lam} = Zerrenin
relatif düşme hızı
(m/s) anlamına

gelir.

$$W=W_{lam} \text{ alınırsa, } \frac{\pi d^3}{6} \gamma_T \\ = 6. \pi \cdot \eta_H \cdot \frac{d}{2} V_{lam}$$

yazılır. Buradan laminar akımda toz
zerrelerinin çökme hızı olan

$$V_{lam} = \frac{\gamma_T \cdot d^2}{18 \cdot \eta_H} \text{ bulunur (2).}$$

Turbulenz akımda Newton formülü

$$W_{tu} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot C_{tu} \cdot \frac{\gamma_H}{2g} \cdot V_{tu}^2 \text{ (3)}$$

Formülde semboller; C_{tu} = Direnç
katsayısı (turbulenz akım)

F = Zerrenin hava
akımına gösterdiği
yüzey (m²)

V_t = Zerrenin
relatif hızı (m/S)

$W = W_{tu}$ alınarak;

$$\frac{\pi d^3}{6} \gamma_T = \frac{\pi d^2}{4} \cdot C_{tu} \cdot \frac{\gamma_H}{2g} \text{ yazılır ve}$$

Buradan turbulenz akımda toz zer-
relerinin çökme hızı olan;

$$V_t = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot \gamma_T \cdot d}{3 C_{tu} \cdot \gamma_H}} \text{ bulunur (4).}$$

Direnç katsayısı Reynold sayısının
yardımıyla hesaplanır:

$$\begin{aligned} Re \leq 0,2 & \dots\dots\dots C = 24/Re \\ 0,2 < Re < 500 & \dots\dots C = 18,5/R_e^{0,6} \\ 500 < Re < 150\,000 & \dots\dots C=0,44 \end{aligned}$$

Burada $Re \leq 0,2$ olan alan lamier ka-
bul edilir. Turbulenz akım $Re = 500$
'den başlamasına rağmen $Re > 0,2$
olan alanda turbelenz kabul edilir.

HAVA AKIMI İÇİNDEKİ TOZLARIN MERKEZKAÇ KUVVET ETKİSİYLE AYRILMASINDA TEORİK ESASLAR

Bir eksen etrafında dönen her
cisim merkezkaç kuvvetin etkisi al-
tındadır.

Merkezkaç kuvvet; $F = \frac{m\omega^2}{r \cdot g}$ for-
mülüyle hesaplanabilir.

Formülde semboller;

F = Merkezkaç kuvvet (kp)

m = Dönen cismin kütlesi (kg)

ω = Cismin hızı (m/s)

r = Cismin dönme eksenine uzaklığı
(dönme dairesi yarıçapı) (m)

$g = 9,81 \text{ kgm/kgs}^2$ (yerçekim ivmesi) anlamına gelir.

Merkezkaç kuvvet ivmesi ω^2/r yerçekimi ivmesine çevirilirse, merkezkaç kuvvet etkisiyle ayırmada önemli katsayı olan

$$K = \frac{\omega^2}{r \cdot g} \text{ bulunur.}$$

Toz zerrecilerinin hava akımı içerisinde merkezkaç kuvvet etkisinde savrulmaları veya yerçekimi kuvveti etkisiyle çökmeleri aynı fizik kanunuyla hesaplanır. Çökme ve savurma arasındaki tek fark, K katsayısıyla özetlenen danecik hızının merkezkaç savurulmada çökmeye kıyasla çok fazla oluşudur. Merkezkaç kuvvetle ayırmada havanın direnci strok kanununa uygun olarak (yani $Re = 0,2$) danenin çökme hızıyla orantılıysa küre şeklindeki bir toz zerresi için çökme hızı

$$V_{\text{laminar}} = \frac{\gamma_T \cdot d^2 \cdot K}{18 \cdot \eta_H} \text{ (merkezkaç)}$$

veya

$$V_{\text{laminar}} = \frac{\gamma_T \cdot d^2 \cdot \omega^2}{18 \cdot \eta_H \cdot r \cdot g} \text{ (merkezkaç)}$$

Merkezkaç kuvvet yardımıyla ayırmada, havanın toz zerresine gösterdiği direnç Newton kanununa uygun olarak (yani $Re = 0,2$) zerrenin çökme hızının karesiyle orantılıysa küre şeklindeki zerrenin çökme hızı

$$V_{Tu} = \sqrt{\frac{4g \cdot \gamma_T \cdot d \cdot K}{3Ct \cdot \gamma_H}} \text{ (merkezkaç)}$$

veya

$$V_{Tu} = \sqrt{\frac{4\gamma_T \cdot d \cdot \omega^2}{3Ct \cdot \gamma_H \cdot r}} \text{ olur. (merkezkaç)}$$

Toz zerrecilerinin laminar akımda ayrılma hızı V_{laminar} ve laminar akımda

merkezkaç kuvvet etkisi altında ayrılma (V_{laminar}) hızı, zerre çapının karesiyle (d^2) orantılıdır. Tozların turbulenz akımda ayrılma hızı ($V_{\text{turbulenz}}$) ve turbulenz akımda merkezkaç kuvvet etkisinde ayrılma hızı zerrenin çapının karaköküyle orantılıdır. Bu ilişkiler bir abaka çizilmiş olarak aşağıda gösterilmiştir.

Abak 1:

Abak 1: Laminar ve Turbulenz olarak akan hava içindeki ayrılan küre şeklindeki toz zerrecilerinin ayrılma hızlarının zerre çapına bağlı olarak değişmesi.

Geometrik şekilleri küre olmayan zerrelere çap yerine eşdeğer ortalama çapları alınarak hesaplama yapılır. Küre çapı $d = 3 \sqrt{\frac{6V}{\pi}}$ 'dir.

$$\text{Eşdeğer çap } d_{eq} = 1,24 \sqrt[3]{\frac{m \cdot g}{\gamma_T \cdot B}}$$

Laminar akımda ağırlık etkisiyle ayırmada, en büyük çaplı toz zerrecilerinin uyan Redynolds sayısının üst sınırı için ($Re = 0,2$)

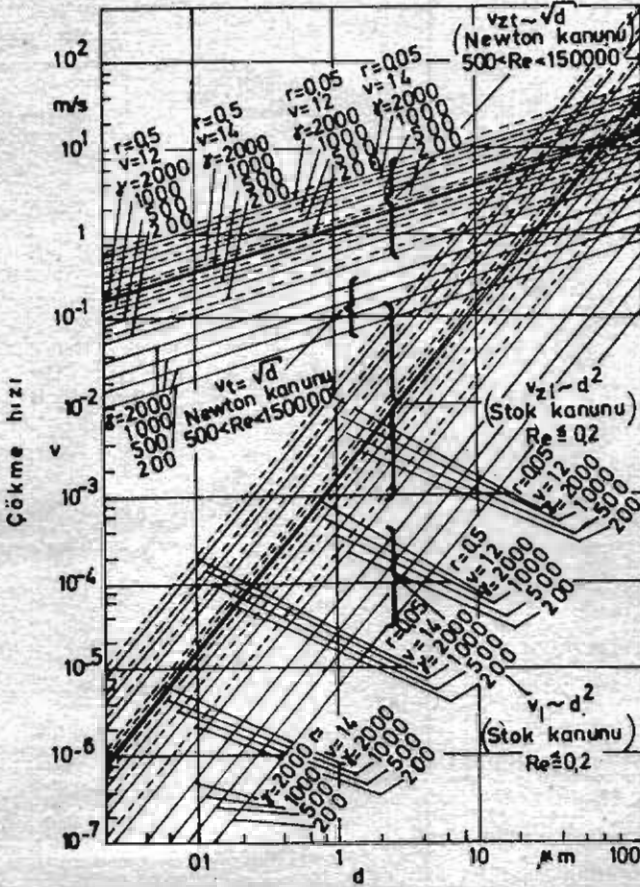
$$d_{\text{max}} = 3 \sqrt{\frac{3,6 \cdot \eta_H^2 \cdot g}{\gamma_H \cdot \gamma_T}} \dots (10)$$

bulunur.

Hava akımı içinden ayrılmaları stok kanunu uyarınca olan toz zerrecilerinin sınır büyüklükleri (d_{max}) hesaplanabilir (2) ve (6) formüllerindeki çökme (ayrılma) hızı yerine Reynold sayısından hesaplanan hız konularsa:

$$V = \frac{Re \cdot \eta_H \cdot g}{d \cdot \gamma_H} \quad 9$$

$$v_{z.1} = \frac{\gamma_T d^2 K}{18\eta}$$

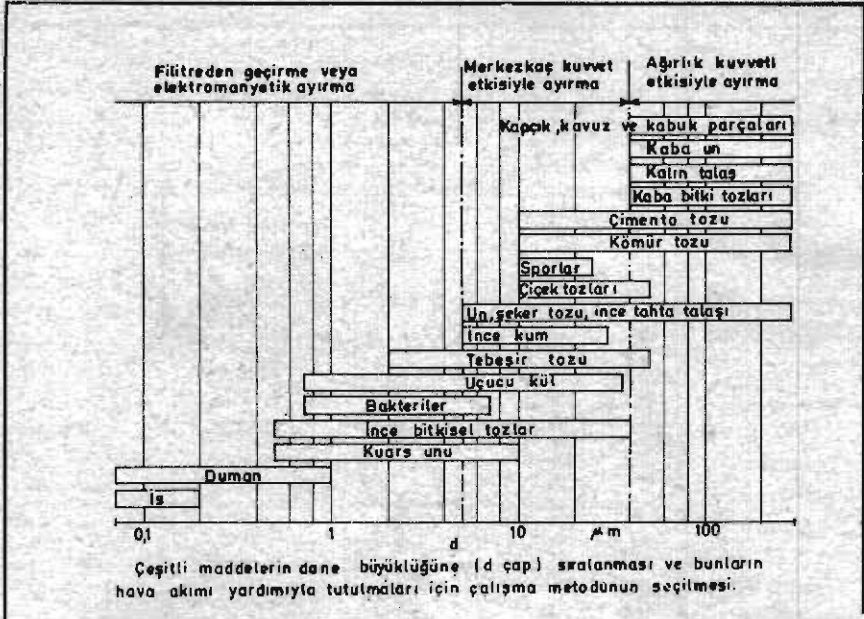


Tam laminar ve tam türbülans akışkan alanlarda olan çeşitli ağırlıktaki danelerin çapları (d) ile cökme hızları (v) arasındaki bağıntı. (merkezkaç kuvvetle ayırmada sınır değerler dönme yarıçapı r=0,05-05 m., hava hızı v=12-14 m/s alınmıştır.)

Resim : 4

Resim 4: Toz zerreciklerinin hava akımı
içinden, d çap büyüklüklerine göre

ayrılmasında çalışma metodunun se-
çilmesi



Resim : 5

Resim 5 : Teorik en büyük zerrenin ($Re = 0,2$) ve teorik en küçük zerrenin ($Re = 500$); çapında ve γ yoğunluğuna

Merkezkaç kuvvet etkisiyle ayırmada ise

$$d_{\max} = 3 \sqrt{\frac{3,6 \cdot \eta_H^2 \cdot g^2 \cdot r}{\gamma_H \cdot \gamma_T \cdot W^2}} \text{ bulunur (11)}$$

Tam turbulenz alanda en küçük çaplı toz zerrelere uygulanan Newton kanunu (8) ve (9) formülleriyle belirlenir. Hava akımından ayrılacak en küçük toz zerresinin çapı, turbulenz alanda Reynold sayısının alt sınır değeri olan $Re = 500$ ile hesaplanır.

ÇÖKTÜRME ODALARI VE SIKLONLAR

İçinde toz zerrelere taşıyan hava akımı kanalı bir odaya bağlanırsa havanın aktığı kanalın kesitinin büyümesi sonucu hava hızı azalır. Toz zerrelere taşıyan havanın çökme yolu da kısalmır.

bağlı olarak ağırlık veya merkezkaç kuvvet etkisiyle ayrılmalıdır

Ağırlık etkisiyle ayırmada minimum zerre çapı

$$d_{\min} = 3 \sqrt{\frac{3 C_t \cdot Re^2 \cdot \eta_H \cdot g}{4 \cdot \gamma_H \cdot \gamma_T}} \text{ olarak}$$

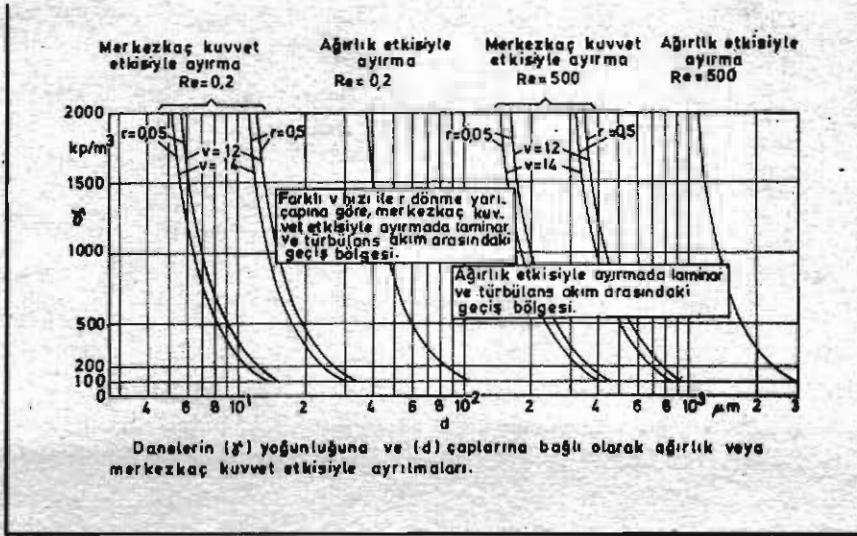
Merkezkaç kuvvet etkisiyle ayırmada minimum zerre çapı

$$d_{\min} = 3 \sqrt{\frac{3 C_t \cdot R^2 \cdot \eta_H^2 \cdot g^2 \cdot r}{4 \cdot \gamma_H \cdot \gamma_T \cdot W^2}} \text{ olarak bulunur.}$$

Çöktürme odalarının cömert ölçülerle boyutlandırılmalarının nedeni, toz zerrelere taşıyan havanın efektif hızının düşürülmesi bu suretle de tozun çöktürülebilmesidir. (Resim 6)

Hava akımına dikey yerleştirilmiş levhalar, jeluziler hızın frenlenmesine azaltılmasına yardımcı olurlar. Çapları $d < 40 \mu m$ ve yoğunlukları $\gamma < 1000 \text{ kp/m}^3$ olan toz

zerrelerinin çökme hızları o kadar azdır ki, inşası gereken çöktürme odası boyutları ekonomiklik sınırlarını aşarlar.



Resim : 6

Çapı $d < 40 \mu m$ olan toz zerrelerinin havadan ayrılması merkezkaç kuvvet yardımıyla olur.

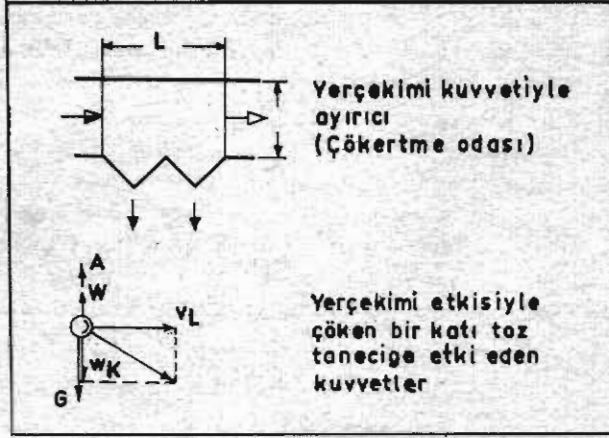
Merkezkaç kuvvetle çalışmada; $Re \leq 0,2$ olan alanda d minimum = $10 \mu m$ ve

$Re < 500$ olan alanda d minimum = $1 \mu m$ 'ye kadar toz zerrelere ayrılabilir.

Pratikte kullanılan siklonların çapları genellikle 0,1 ila 1 m arasında sınırlanmıştır, ve hava giriş hızları 12 ~ 14 m/s düzeyindedir. Siklonların genel ölçülendirme sınırları Resim 7'de görülmektedir. Siklon içindeki toz zerresi hava hızının ve çökme hızının etkisi altında

bileşke kuvvetle hareket eder. Merkezkaç kuvvet etkisiyle siklonun silindirik şeklinde gövdesi iç çeperine fırlatılan toz zerresi çeper ile sürtünerek geliş hızını kaybeder. Dolayısıyla zerreyi etkisinde tutan bileşke çökme hızı kuvvet kazanır. Siklona giren hava da iç cidara sürtünerek hız kaybeder.

Siklon konstrüksiyonunda hava akımının mümkün olduğu kadar büyük hızla içeri girmesi ve silindirik şekilli gövde ekseninin etrafında spiral yörüngede akması sağlanır. Ancak bu şekilde yüksek merkezkaç kuvvet meydana getirilebilir. Hava



Resim : 7

giriş kanalının dar kesitli yapılması ve siklonun silindirik şeklindeki gövdesi çapının küçük tutulması hava hızını artıran uygulamalardır.

Merkezkaç kuvvetli ayırıcılar basit yapıları ve arızasız çalışmaları do-

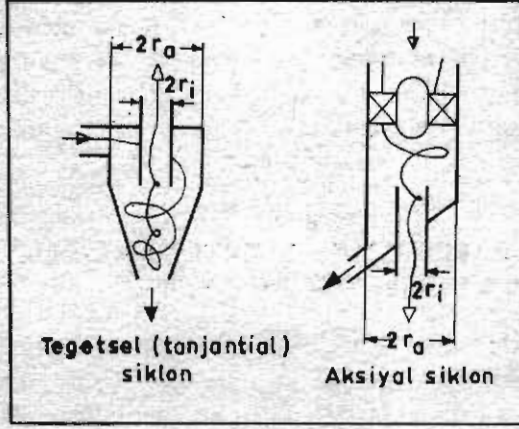
layısıyla tarım tekniğinde de geniş uygulama alanı bulmuşlardır. Ayırma etkinliği siklonun ölçülendirilmesine bağlı olarak çok değişik toz boyutlarında (5 m ile 40 m arasında) oynayabilmektedir.

ELEKTRİKLİ TOZ AYIRICILARIN (ELEKTROFİLİTRELERİN) TEORİK ESASLARI

Hava akımı içinden toz zerrelerini elektrostatik yükleme ile ayırmak mümkündür. Püskürtme alanı veya sivri bir uçtan verilen elektrikle yüklenen toz zerreleri elektrostatik alan içinde alan kuvvetinin etkisinde bırakılırsa, elektrik yükleri varlığı dolayısıyla bir kutba çekilirler.

Elektrikli ayırıcıların güç kaynağı olarak genellikle 20 70 KW gücünde doğru akım yüksek gerilim cihazı kullanılır. Doğru akım negatif kutbu oluşturan yüksek gerilimli püskürtme elektroduna verilir, topraklanmış alçak gerilimli kutup negatif kutuptur.

Elektrikli alanı; yüksek gerilimli doğru akım şebekesine bağlı (-) negatif kutup olan püskürtme elektrodu meydana getirir. Negatif kutup 2 ila 4 mm kalınlığında, alt ucuna germe ağırlığı asılmış tellerden yapılmıştır. Pozitif kutup borular veya plakalar şeklindedir ve topraklanmış alçak gerilim elektrodu olarak görev yapar. Püskürtme alanı negatif kutup yakınında okadar büyüktür ki bu kısma gelen nötr (hava) moleküller ionize olurlar ve beraberlerinde bulunan toz zerrelerine elektronlar yayarak onları da elektrikle yüklerler.



Resim : 8

Toz zerreleri elektriksel çekim kuvveti (ve ağırlıkların etkisi altında şarj oldukları negatif kutuptan alçak gerilimli pozitif kutba doğru hareket ederler. Tozlar alçak gerilimli pozitif kutupta elektrik yükleri deşarj olunca kadar asılı kalırlar. Bu kısımda hava akımının hızı 0,5 ila 1,5 m/s gibi düşük tutulmuştur. Elektriki yükü deşarj olan toz kendi ağırlığıyla çıkış hunisine düşer. Pozitif elektroda verilen silkeleme hareketi de biriken tozların elektrottan düşmelerine yardımcı olur.

Hava akımı içindeki ince tozların elektriksel tutulmalarında işletme akımı gücü 30 ila 80 KW arasındadır. Karşılıklı sıralanan negatif ve pozitif elektrotlar arasındaki mesafe 100 ile 200 mm olarak değişir. Akım şiddeti 1 m elektrot boyu için boru tipi elektrotlarda 0,3 ile 0,5 m A. plakə tipi elektrotlarda 0,1 ila 0,35 mA. dır. Pratikte kullanılan tiplerde elektrik alanının uzunluğu 3—4 m dir.

Elektriki ayırmanın başarısı işletme ve konstrüksiyon faktörleri yanında ve daha da önemli derecede toz zerrelereinin özgül elektrik direncine bağlıdır: Özgül elektrik direnci tozun cinsine, homojen yapıda oluşuna, sıcaklığa, nem derecesine ve yüzey yapısına bağlıdır. Dolayısıyla tozda meydana gelen her türlü yapı değişimi diğer şartlar sabit kalsa bile tozun ayrılma derecesini etkiler. İletkenliği iyi olan maddeler (özgül elektrik direnci $10^4 \Omega \text{ cm}$ olanlar) püskürtme alanında aldıkları negatif yükü alçak gerilim (+) elektroduna değdiği anda boşaltırlar ve dibe çökerek ayrılırlar. Özgül elektrik direnci $10^{10} \Omega \text{ cm}$ den büyük olan kötü iletken veya yalıtkan maddelerin tozları (örneğin kuru bitkisel tozlar, odun, asbest, toprak, taş, tın, reçine, protein vb.) alçak gerilim elektroduna yapışır kalırlar ve yüklerini vermezler. Bunlar titreşim ve çarpma etkisiyle de elektrottan düşmezler. Pozitif elektrot üzerinde toplanan ve negatif yüklü olan toz tabakası elektriki alana ters

tepki göstererek üzerine gelen tozları geri itmeye başlarlar. Bu duruma alçak gerilim elektrotlarının geri püskürtmesi adı verilir. Elektrodun bu şekilde nőtürleşmesi sonucu toz ayrılması yapılamaz.

Özgül elektrik direnci 10^4 ila $10^{10} \Omega \text{ cm}$ olan orta geçirgenlikte maddeler (örneğin nemli bitki tozları kağıt, is, zımpara vb) elektrikli ayırıcıda kolayca tutulurlar.

BİR TOZ ZERRESİNİ ELEKTRİKİ ALAN İÇİNDE ETKİLEYEN KUVVETLER:

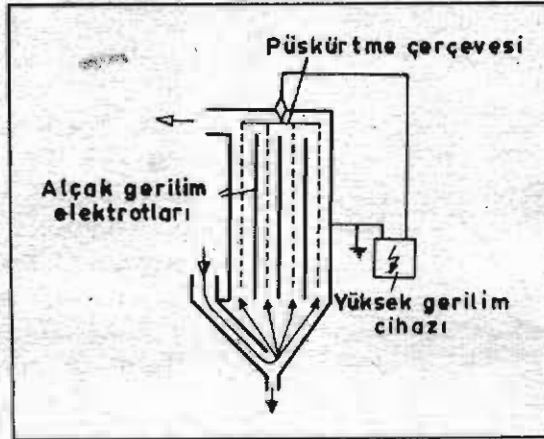
İki kutup arasında elektriki alan içinde bulunan elektrik yüklü bir toz zerresine, elektriki alan, indüksiyon, hava hareketi, yerçekimli kuvveti, zerrelere birbiriyle çarpışmaları ve havanın kaldırması gibi çeşitli kuvvetler etki ederler. Toz zerrelere birbiriyle çarpışmadıklarını, havanın kaldırma kuvvetinin ve zerre ağırlığının (yerçekim kuvveti) ve indüksiyon kuvvetinin ih-

mal edildiği kabulüyle hareket edilsin. En mühim etken kuvvet elektriki alan kuvvetidir. (Resim 9:)

$$E = \frac{U}{L}$$

E = Elektriki alan şiddeti

U = İki elektrot arasındaki gerilim farkı (V)



Resim : 9

L = Elektrotlar arası mesafe (m)
 $F = Q \cdot E$
 F = Statik elektrik alanı çekim kuvveti

Q = Bir zerrenin elektrik yükü
 (zerrenin AS ampersaniyede negatif yüklenmesi)

$$F = \frac{Q \cdot E}{B}$$

Formüle ilave alınan $B = 9,81 \text{ kgm/kps}^2$ bir sadeleştirme faktörüdür.

Toz zerresinin elektrikle yüklenmesi aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$Q = \epsilon \cdot \pi \cdot E \cdot d^2$$

Q = Bir toz zerresinin AS (amper-saniyede) negatif yüklenmesi

ϵ = Toz zerresinin mutlak dielektrik sabitesi (AS/V_m)

E = Elektrik alan şiddeti (V/m)

d = Toz zerresi ortalama çapı (m)

Bu eşitliklerden küre şeklinde bir zerreye etki eden alan kuvveti

$$F = \frac{\epsilon \cdot \pi \cdot E^2 \cdot d^2}{B}$$

Toz zerresi hava içinde hareket ederken havanın mukavemetiyle karşılaşır. Stok kanununa göre havanın mukavemeti

$$W = 3 \cdot \pi \cdot \eta_H \cdot d \cdot v \text{ dir.}$$

Toz zerresinin sabit hızla hareketinde

$F = W$ kabul edilir.

$$\frac{\epsilon \cdot \pi \cdot E^2 \cdot d^2}{B} = 3 \cdot \pi \cdot \eta_H \cdot d \cdot v$$

Toz zerresinin ayrılma hızı;

$$v = \frac{\epsilon \cdot E \cdot d}{3 \cdot \eta_H \cdot B} \text{ olarak hesaplanır.}$$

(η_H = Havanın dinamik vizkozitesi (kps/m^2))

Özgül dirençleri $10^4 \Omega$ 'nun altında olan toz zerresinin alçak gerilim elektrodunda çok çabuk deşarj olmaları sonucu kaybolan tutulma kuvveti yerine, elektrodu ıslak tutarak tozların yapışmasını sağlamak yaş elektrotlu toz tutucularda kullanılır.

Islanmadan zarar görmeyen tozlar için yaş elektrotlu ayırıcılar kullanılarak $0,5 \mu m$. inceliğindeki tozlar tutulur ve toz ayırmada tesir derecesi % 99'a kadar artırılabilir.

HAVA AKIMI İÇİNDEKİ TOZLARIN FİLTREDEN GEÇİRİLEREK AYIRILMASINDA TEORİK ESASLAR

Hava akımı ince dokulu bir filitre elemanından geçirilerek toz zerrelere tutulur. Filtreli toz ayırıcıların en yaygın tipi hortum filtrelerdir. Filtre dokusunu oluşturan malzeme organik veya anorganik menşeli veya metalik liflerden yapılabilir. Resim (10: (a) ve (b))

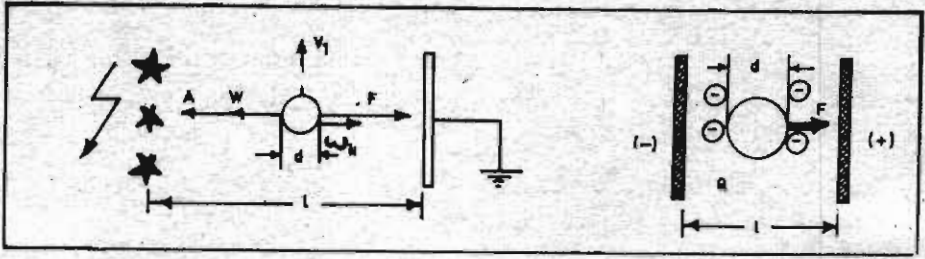
Landt ampirik bir formülle, atalet etkisi altında tek lifin toz tutma derecesini aşağıdaki eşitlikle vermiştir.

$$\epsilon_F = \frac{\circ F}{d_F}$$

Formülde ϵ_F = Bir lif tarafından temizlenen hava akımının genişliği

ϵ_F = Bir lifin toz tutma derecesi

d_F = Lif çapı anlamına gelir. Lif doku filitrenin toplam toz tutma derecesi



Pesim : 10 (a) ve (b)

$\eta = 100 \left(1 - e^{-\frac{4\epsilon \cdot l p}{\pi d F \epsilon F}} \right)$ olarak gösterilir.

Formülde ;

$\eta = \%$ olarak toz tutma derecesi

$\epsilon =$ Filtre materyalinin yoğunluğu (hacimsel olarak kumaş halinde)

$\epsilon F =$ Filtre lifinin yoğunluğu

$\epsilon F =$ Bir lif tarafından temizlenen hava akımının genişliği

$\epsilon T =$ Bir damla tarafından temizlenen hava akımının genişliği

$dT =$ Damla çapı

$dF =$ Lif çapı

Pratikte kullanılan filtrelili süzgeçlerde 1 m^2 filtre alanından 1 saniyede 1 ila $2,5 \text{ m}^3$ hava geçer. Hava akımının hızı $2,5 \text{ m/s}$ yi geçmemelidir. Çünkü filtre lifleri tarafından evvelce tutulmuş olan tozlar, hızla gelen hava akımı tarafından tekrar alınabilirler.

Lif dokulu filtrelerde toplam toz tutma derecesi $\% 99,9$ 'a kadar erişebilir ve $0,5 \text{ m}$. çapına inen ince toz zerreleri tutulabilir.

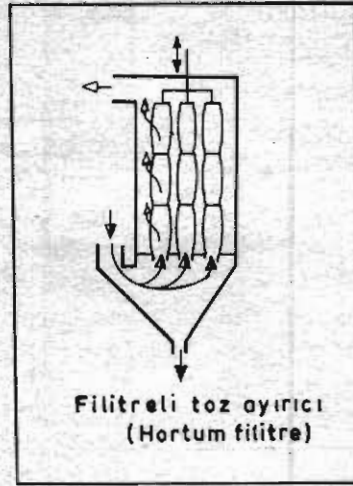
ISLAK TOZ AYIRICILARININ ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Yıkayıcılarda toz ayırma işlemi, toz zerreleri mümkün olduğu kadar büyük bir sur yüzeyiyle (genel olarak su yüzeyiyle) temas ettirmek prensibine dayanır. Toz zerresi yüzeyinin suyla kaplanması ve ıslanmış toz zerrelere birbirleriyle tutunup küme teşkil etmeleri, bunların hava akımı içinden kolay ayrılmasını sağlar. Yaş ayırma için gereken ön şart zerrenin suyla kaplanabilme özelliğine sahip olmasıdır.

Yıkamalı ayırıcıların en basit şeklinde hava akımı sis halinde parça-

lanmış su tabakası içinden geçirilir. Toz zerreleri su tarafından ıslatılıp ağırlaştırılır ve çamur halinde çöktürülür.

Hava akımının tam ıslatılmasını sağlamak amacıyla ventüri enjektörleri kullanılır. Hava akımı bir ventüri lülesinden geçirilirken, üzerine püskürtülen suyla karıştırılır. Ventüri sonuna bağlanan merkezkaç kuvvetle ayırıcıda hava akımı yukarı yükselirken ıslatılarak ağırlaştırılmış toz zerreleri çamur zerreleri çamur halinde aşağıda ayrılır. (Resim 11)



Pesim : 11

Islatarak ayırmanın diğer tipi Dinamik yıkayıcılardır. Bu ayırıcıda hava akımı yüksek hızla kapalı ortamda bulunan su yüzeyine çarptırılır. Hava akımı su yüzeyinde çarpma

çalkalanma oluşturur. Hava akımı dolambaçlı yöneltgen levhalar arasında geçerken hava içindeki tozlar da ıslanıp ağırlaşarak su içinde kalırlar.

ISLATARAK TOZ AYIRMANIN TEORİK ESASLARI

Hava akımı içine püskürtülen su zerrecilerinin tozu tutabilme derecelerini gösteren bir eşitlik Barth / / tarafından geliştirilmiştir.

$$\epsilon_T = \frac{e_T}{d_T}$$

Eşitlikte; ϵ_T Bir su damlacığının toz tutma derecesi,

e_T = Bir damla suyla temizlenen hava akımı hacminin çapı,

d_T = Su damlası yarıçapıdır.

Aerodinamik bakımdan, bir su damlasının toz ayırma etkisi, damla ile toz zerresi arasında izafi hız ne kadar büyük olursa ve su damlası çapı

ne kadar küçük olursa, o oranda iyilesir. İnce toz zerrecilerinin ayrılması zordur. Çünkü bunlar su damlasının sınırına yaklaşırken hava hareketiyle itilerek uzaklaştırılırlar.

Islatarak toz ayırmada teorik hesaplama şekilleri henüz geliştirilmediği için ampirik eşitlikler kullanılır

Semrau'ya göre ıslatarak ayırıcının toz ayırması, toz zerresinin temas katsayısına (K_T) bağlıdır. Bu katsayı toz zerresinin onu ıslatacak sıvıyla kaplanabilme eğilimini gösterir.

Solbach tozların ıslatılarak tutulabilmesini aşağıdaki ampirik eşitlikle tanımlar.

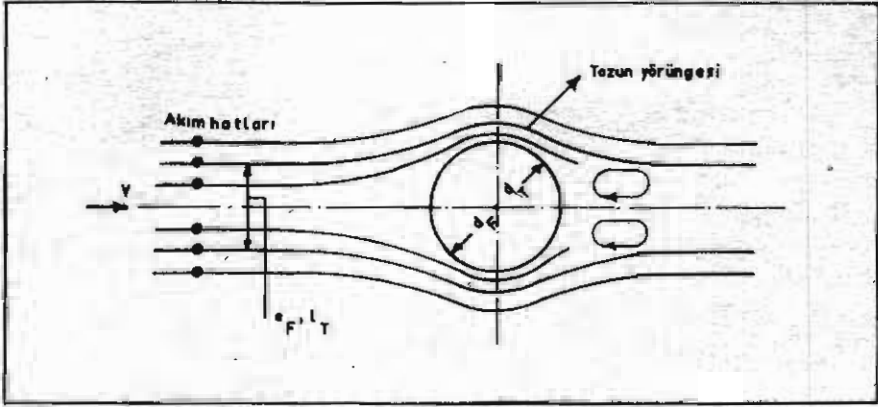
$$d_t = \frac{3,6}{V_D} \sqrt{\frac{\eta_w \cdot D \cdot W_R}{e_K}}$$

Eşitlikte; d_t = Toz zerresi çapı,
 V_D = Hava akımının (su yüzeyine) çarpma hızı,
 η_w = Suyun dinamik viskozitesi
 D = Hava kabarcıklarının çapı,
 W_R = Hava içinde toz zerresinin izafi hızı

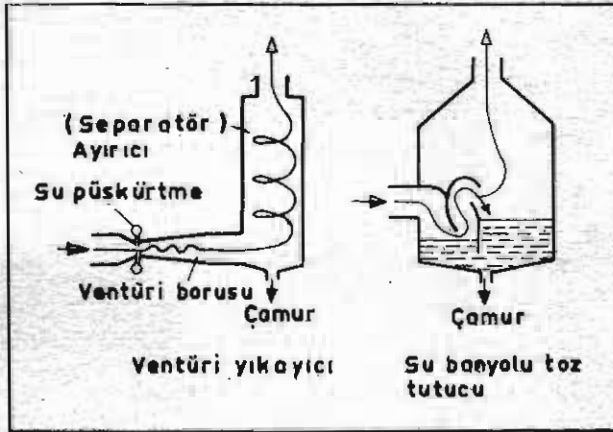
e_T = Toz zerresinin yoğunluğu anlamına gelmektedir.

(Resim 12-14)

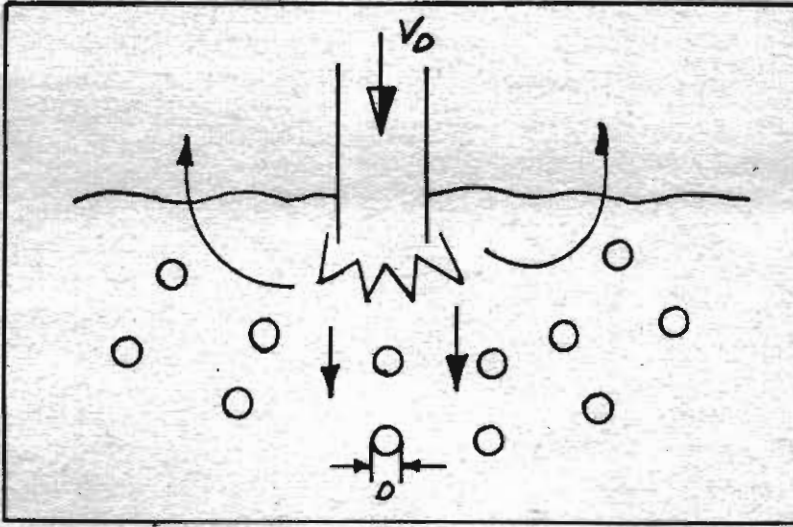
Islatarak ayıran çarptırılmalı ayırıcılarda 1 μ m. çapındaki küçük toz zerreleri tutulabilmektedir. Ventüri ayırıcısında 0,5 μ m. ye kadar tozlar tutulabilir. Islatmalı ayırıcılar merkezkaç kuvvetle, filitreyle veya elektriksel ayırıcılara bağlanarak seri çalışmaya sokulabilirler.



Pesim : 12



Resim : 13



Pesim : 14

TOZ AYIRMANIN EKONOMİKLİK SINIRLARI

Toz ayırma metodunun ve sisteminin ekonomikliği tozun temizlenmesi elde edilen sonuca bağlıdır. Değeri fazla olan bir tozun tutulabilmesi imali ve işletme gideri yüksek olan bir ayırıcıyı daha ekonomik kılar.

Toz ayırma insan sağlığı yönünden gerekiyorsa, kullanılan metod ve sistemin pahalılığı göze alınabilir.

Bir toz ayırma metodunun değerlendirilmesini belli hacimde havanın arıtılması için gereken tesis ve işletme masrafı şeklinde ele almak uygun olacaktır. Solbach, çeşitli toz ayırıcıların imalat, işletme ve bakım mas-

raflarının toplayıp, bunu ayırıcının bir saatte arıttığı hava hacmine oranlayarak maliyeti hesaplamıştır. Araştırmanın sonucuna göre merkezkaç kuvvet etkisiyle ayırıcılar oldukça ucuza malolmakta fakat ince tozları ayırmada zorluk çekmektedirler. Satın alma fiyatı ucuz olan filtrelili toz ayırıcıları (Hortum filitre), elemanı teşkil eden filtrenin tıkanınca yeni filtre takılmasını gerektirdiği için yüksek bakım masrafı gösterirler. Filtrelili ayırıcıların tüm masrafı 2,5 yıl sonra öylesine büyümektedir ki bu miktar tesis masrafı fazla olan elektrikli ayırıcıları geçmektedir.

SONUÇ VE ÖZET

Tarım tekniğinde ara ve son ürünün işlenmesinde ve tarımsal işlemler esnasında insan sağlığı ve

kullanılan makinaların çalışma emniyetini tehlikeye sokan oranlarda toz oluşmaktadır.

Havanın tozla kirlenmesinde insan hayvan ve makinaların zararlı etkilenmeleri sınırları saptanmıştır.

Tozla savaşta iki önleme başvurulur. Bunlar toz kaynağının izole ederek, hava içine dağılmış tozları da tutarak arındırmak veya çalışan işçiyi klimatize edilmiş bir kabin içine alarak tozdan korumaktır.

Hava akımı içindeki tozların ağırlık etkisiyle çöktürülmesi amacıyla çöktürme odaları, merkezkaç kuvvet etkisiyle ayrılmasında siklonlar, toz

zerrelerinin elektrikle yüklenip kutularda tutulması prensibiyle çalışan elektrofiltreler, tozların ıslatılıp ağırlaştırılması etkisiyle çalışan oluşlu ayırıcılar pratikte kullanılmaktadır.

Toz ayırıcı aygıtlar toz zerreciklerinin ağırlık, merkezkaç kuvvet, statik elektriklenme, dış sürtünme gibi fiziksel kuvvetler etkilerinin düzenlenmesi prensibiyle çalışmaktadır. Bu fiziksel kuvvetlerin bağlantılarını açıklayan teorik ve deneysel eşitlikler çıkarılmıştır.