

T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**VAKUMLU ELEKTRİKLİ SÜPÜRGELER İÇİN KOMBİNE  
SU BANYOLU HAVA FİLTRESİ GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN : Mehmet Ali ÇAVUŞLAR  
DANIŞMAN : Prof. Dr. Hasan YUMAK

VAN-2006



T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**VAKUMLU ELEKTRİKLİ SÜPÜRGELER İÇİN KOMBİNE  
SU BANYOLU HAVA FİLTRESİ GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN : Mehmet Ali ÇAVUŞLAR

VAN-2006



## KABUL ve ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Hasan YUMAK danışmanlığında, Mehmet Ali ÇAVUŞLAR tarafından hazırlanan “ Vakumlu Elektrikli Süpürgeler İçin Kombine Su Banyolu Hava Filtresi Geliştirilmesi ” isimli bu çalışma 27 / 11 / 2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından, Makine Mühendisliği Bölümün de Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Hasan YUMAK İmza  
Üye: Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ İmza  
Üye: Doç. Dr. Tamer UÇAR İmza

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../...../..... Gün ve  
..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü



## ÖZET

### VAKUMLU ELEKTRİKLİ SÜPÜRGELER İÇİN KOMBİNE SU BANYOLU HAVA FİLTRESİ GELİŞTİRİLMESİ

ÇAVUŞLAR, Mehmet Ali  
Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı; Prof. Dr. Hasan YUMAK  
Kasım 2006, 34 sayfa

Torba biçiminde toz filtresi bulunan vakumlu elektrikli süpürgeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu filtreler hava akımı içindeki ince tozları yakalayamazlar. Üstelik kağıttan veya diğer başka elyaf içeren malzemelerden yapılan kuru toz filtreleri tek kullanılmaktadır. İçinde polen, küf, mantar, mite, kimyasal maddeler ve mikro organizmalar bulunabilen toz hem sağlık için, hem de elektronik ve diğer eşyalar için zararlıdır. Vakumlu elektrikli süpürgelerde su banyolu hava filtreleri son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bunların hem ince tozu tutma verimi düşük, hem de fiyatları çok pahalıdır.

Bu çalışmada elektrikli süpürgeler için prototip kombine su banyolu hava filtresi geliştirilmiştir. Prototip filtre ünitesi hava akımı içindeki katı ve toz materyali ayırmak için üç bölmeden yapılmıştır. Ön denemelerden sonra, filtrenin toz ayırma etkinliği ve hava akımına karşı gösterdiği direnci bulmak için bir seri deney yapılmıştır. Toz materyali olarak portland çimento ve bentonit kullanılmıştır. Filtre ayırma etkinliği %87.4 - % 95.3 arasında bulunmuştur. Filtrenin hava akımına karşı gösterdiği direnç ise filtre koşullarına bağlı olarak 18-30 mmHg arasında değişmektedir. Prototip kombine su banyolu hava filtrenin performansı ile ilgili deney sonuçları ayırma etkinliği ve diğer işletme parametreleri açısından yeterli bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler :** Elektrikli süpürge, Filtre etkinliği, Su banyolu filtre, Toz filtresi.

## ABSTRACT

### DESIGN OF COMBINE WATER BATH FILTER FOR VACUUM CLEANER

ÇAVUŞLAR, Mehmet Ali  
MSc , Mechanical Engineering Department  
Supervisor: Prof. Dr. Hasan YUMAK  
November 2006, 34 pages

Vacuum cleaners having dry dust filters in form of bag are being widely used. These filters are not capable of capturing dust material within an air stream. Furthermore, dry filters made of paper or fibril materials are to single use. Dust that may include polen, molds, mites, chemicals and microorganisms is harmful for health, electronic media and other things. Water bath filters have recently been used in vacuum cleaners. But these cleaners have lower dust capture efficiency and are very expensive.

In this study a prototype combine water filter was developed in place of dry dust filter for vacuum cleaner . The filter unit was composed of three chambers to separate dust and coarse material from air stream. After preliminary tests, a series of tests were carried out to determine filter efficiency and resistance of the filter air stream . Portland cement and bentonite were used as a dust material. Filter efficiency was ranged from 87.4% to 95.3%, Filter resistance of air stream was found 18-30 mmHg in accordance with filter conditions. Results obtained from performance tests of the filter were found to be satisfactory.

**Key words:** Water bath filter, vacuum cleaner, filter efficiency, dust filter.

## ÖN SÖZ

Toz günümüz temizlik sistemleri için büyük sorun oluşturmaktadır. Akar gibi havada uçan zararlılar ise insan sağlığını kötü yönde etkilemektedir.

Yapmış olduğumuz deneylerde bu zararlıları temizleyerek ortama tekrar bırakılmasını önlemeye çalıştık. Bunun için ufak toz zerreciklerinin su yüzeyine yapışarak havadan ayrıştırılmasına uğraştık. Su yüzeyine ilk etapta kirli havanın püskürtülerek ağır tozların ayrılmasına, buradan kurtularak hava içerisinde yüzmeye devam eden, tutulamayan parçacıkları su demeti içerisinden geçirerek tutulmasını sağladık. Diğer temizleme sistemlerine göre daha fazla verim elde ettiğimizi gördük.

Çalışmalarımız esnasında gelişmiş teknolojilerden faydalanmak istediyssek de bunu gerçekleştiremedik. Ölçümlerimiz de çok büyük katkı sağlayacağını düşündüğümüz dijital vakum metre ve toz ölçümünü yapan hassas elektronik bir sistemi alma imkanımız yüksek maliyetler nedeniyle olmamıştır. Yine de yaptığımız tekrarlı ölçümlerde ve üç çeşit kullandığımız filtrelerin bize sağladığı değerlerin birbirlerine yakın çıkması memnun edicidir. Bu veriler neticesinde, eski sistemde yaptığımız çalışma da elde edilen verim %40 çıkması ve bizim deneylerimiz de ise %95 ve üzerinde çıkması yaptıklarımızın, temizlik sistemlerinde bir yenilik getireceğinin bir göstergesidir.

Dilerim ki bu çalışma insanların çalışma ve yaşam mekanlarında havanın temizlenme kalitesini arttırsın ve hastaneler de yeni doğan bebekler havadan bulaşan ve taşınabilen mikroplar nedeniyle ölmesinler. Bu çalışmanın yapılış aşamasında bana yardımlarını esirgemeyen Erciş Meslek Yüksek Okulu 2004-2006 dönemi makine 2 öğrencilerine, manometre camlarının yapımını sağlayan Y.Y.Ü. Kimya bölümü çalışanlarına, değerli mesai arkadaşlarıma ve okul müdürüm Yrd. Doç. Ömer Terzi oğlu'na, benden hiç sabrını ve desteğini esirgemeyen kıymetli hocalarım Prof. Dr. Hasan YUMAK ve Doç. Dr. Tamer UÇAR' a, personeli olarak çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum Yüzüncü Yıl Üniversitesi' ne şükranlarımı sunarım .

Mehmet Ali ÇAVUŞLAR

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çevre ve Orman Bakanlığının temiz hava yönetmeliği	2
1.1.1. Konsantrasyonların hesaplanmasında birim dönüşümü	3
1.1.2. Hava kalitesi indeksinin hesaplanması	3
1.2 Kil ve Çimento	7
1.2.1. Çimento	7
1.2.2. Sodyum Bentonit	7
1.3. Toz Ölçüm Teknikleri	8
1.3.1. Aerosol Spektrometre	8
1.3.2. Tindalometre	9
1.3.3. Konimetre	10
1.4. Alerjenler ve Filtreler	11
1.4.1. Alerjenler	11
1.4.2. Hepa ( High Efficiency Particulate Air ) filtre	12
2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Vakum ölçüm düzeneği	15
3.1.2. Eğik Manometreler	16
3.1.3. Elektrik süpürge motoru	17
3.1.4. Filtreler	18
3.1.5. Prototip kombine sulu filtre	19
3.1.6. Sodyum Bentonit	20
3.1.7. Çimento	21
3.2. Yöntem	21
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	23
4.1. Filtre Verimlerinin Değerlendirilmesi	23
4.2. Vakum düşümü ( Filtre direnci ) ' nün değerlendirilmesi	25
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	29
KAYNAKLAR	30
EKLER	31
ÖZ GEÇMİŞ	34

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Hava kalitesi indeksi	5
Şekil 1.2. Aerosol spektrometrenin çalışma prensibi ve düzeneği	8
Şekil 1.3. Tindalometre kesit resmi	11
Şekil 1.4. Konimetre kesit resmi	10
Şekil 1.5. Tüm alerjenler	11
Şekil 1.6. Hepa filtre	12
Şekil 3.1. Vakum ölçüm düzeneği	15
Şekil 3.2. Eğik manometre	16
Şekil 3.3. Elektrik süpürge motoru demontaj resmi	17
Şekil 3.4. Kullanılan filtrelerin komple görüntüsü	18
Şekil 3.5. Filtrelerin büyütülmüş gözenek görüntüleri	18
Şekil 3.6. Deney düzeneği kesit resmi	19
Şekil 3.7. 1.2. ve 3. bölme görüntüleri	19
Şekil 3.8. Deney düzeneği resmi üstten görünüşü	20
Şekil 4.1. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Bentonit ile yapılan çalışmada % tutulan cinsinden sonuçları(M: Mavi filtre, S: Siyah filtre, B: Bentonit).	24
Şekil 4.2. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Çimento ile yapılan çalışmada % tutulan cinsinden sonuçları(M: Mavi filtre, S: Siyah filtre, C: Çimento).	25
Şekil 4.3. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Bentonit ile yapılan çalışmada süpürge ve çıkış değerlerinin karşılaştırılması (M: Mavi filtre, S: Siyah filtre, B: Bentonit).	27
Şekil 4.4. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Çimento ile yapılan çalışmada süpürge ve çıkış değerlerinin karşılaştırılması (M: Mavi filtre, S: Siyah filtre, C: Çimento).	27
Şekil 4.. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Bentonit ile yapılan yapılan süpürge giriş ve çıkış manometre (mmHg) değerleri ile TOPKM (gr) değerlerinin karşılaştırılması (M: Mavi filtre, S: Siyah filtre, B: Bentonit ).	28
Şekil 4.6. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Çimento ile yapılan yapılan süpürge giriş ve çıkış manometre (mmHg) değerleri ile TOPKM (gr) değerlerinin karşılaştırılması (M: Mavi filtre, S: Siyah filtre, C: Çimento).	28

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1. Partikül Madde ile ilgili HKİ için Kirletici - Spesifik Uyarı Açıklamaları ve Kirletici-Spesifik Sağlık Etkileri Açıklaması (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005).	6
Çizelge 1.2. Portland Çimento kimyasal analizi	7
Çizelge 4.1. Deney sonucunda elde edilen Toplam Kuru Materyalin (TOPKM) istatistiksel değerlendirmesi (Varyans analiz çiz.).	23
Çizelge 4.2. TOPKM cinsinden deney verilerinin ortalamaları ve karşılaştırılması.	23
Çizelge 4.3. Deney sonucunda elde edilen Filtre Direnci ( $\Delta P$ ) istatistiksel değerlendirmesi (mmHg).	26
Çizelge 4.4. $\Delta P$ cinsinden deney verilerinin ortalamaları ve karşılaştırılması (mmHg).	26

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

P1	U Manometre Basıncı
P2	Atmosfer Basıncı
P	Olasılık Değerleri
F	İstatistiksel Sapma
$\Delta P$	Filtre Direnci
Pb	Kurşun
Cd	Kadmiyum
Ta	Talyum
MA	Kirletici Molekül Ağırlığı
T	Ölçülen sıcaklık
P	Ölçülen basınç
$I_p$	Kirletici için index
$C_p$	Kirleticinin Yuvarlak kons.
$BH_{Hi}$	$C_p$ 'e eşit veya daha büyük kesme noktası
$BP_{Lo}$	$C_p$ 'e eşit veya daha küçük kesme noktası
$I_{Hi}$	$BP_{Hi}$ le uyumlu AQI değeri
$I_{Lo}$	$BP_{Lo}$ 'le uyumlu AQI değeri
$\mu$	Mikron
SiO <sub>2</sub>	Silisyumoksit
CaO	Kalsiyumoksit
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aliminyumoksit
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Demiroksit
MgO	Magnezyumoksit
Na <sub>2</sub> O	Azotdioksit
$P_f$	Akışkan yoğunluğu
$P_m$	Manometre sıvısı yoğunluğu
H	Manometre basınç farkı
A	Eğik manometre kolu alanı
AQI	Hava Kalitesi İndeksi

## Kısaltmalar

UVS	Uzun Vadeli Sınır değeri
KVS	Kısa Vadeli Sınır değeri
PM	Partikül madde
HKİ	Hava kalitesi indeksi
TOPKM	Toplam kuru materyal
D	Toplam tutulan materyal
MC	Mavi filtrede Çimento deneyi
MB	Mavi filtrede Bentonit deneyi
SC	Siyah filtrede Çimento deneyi
SB	Siyah filtrede Bentonit deneyi
TC	Tel filtrede Çimento deneyi
TB	Tel filtrede Bentonit deneyi
HKİ	Hava Kalitesi İndeksi

## 1. GİRİŞ

Sağlık, insanoğlunun yaratılışından bugüne kadar uğraş verdiği, sıkıntılarını çözmek için hiçbir yatırımdan kaçınmadığı sektörlerin başında gelmektedir. Görmediğimiz zararlı canlı ve cansızların vücudumuza verdiği tahribat sağlığını etkilemekte ve ölümlere yol açmaktadır. Son yıllarda hastanelerdeki çocuk ölümlerinin de bakteriler sonucu olduğu ortaya çıkmasıyla birlikte kapalı ortamlardaki temizlik daha da önem kazanmıştır. Hastaneler, okullar, iş yerleri ve alışveriş merkezleri, ev ve diğer kapalı mekanların temizliğine verilen önem bir kat daha artmış, havada yüzen zararlıların önemi ortaya çıkmıştır.

Astım, alerjik nezle, egzama gibi hastalıklar havada yüzen alerjinler nedeniyle veya temas yoluyla bulaşmaktadır. Bu alerjinler, beş ana grup da incelenmektedir ve bunlardan ev tozu, polenler, küf mantarları, hastalık üreten veya taşıyan türleridir. Bu alerjenlerden korunma ve temizleme amaçlı yapılan en ciddi çalışma, ortam havasının temizlenmesi ve ortamın elektrik süpürgesiyle süpürülmesidir. Ortamda yüzenler, klimalar vasıtasıyla, hepa filtreler yardımıyla, yine ortamda çökmüş halde bulunanlar ise çeşitli filtrasyon sistemlerine sahip, buna hepa filtreler de dahil, elektrik süpürgeleriyle temizlenmektedirler. Günümüzde kullanılan elektrik süpürgeleri ne kadar ortamdaki tozları ve zararlıları temizleseler de, başarı oranları %100 olmamakla birlikte süpürgeci filtre ettiği havayı dışarı atması esnasında, 1-10 mikron çapındaki zararlıları tutamayıp ortama uçar vaziyette tekrar bıraktığı da bir gerçektir. Piyasada satılmakta olan çok çeşitli elektrik süpürgeleri mevcuttur, bunlarda ise çeşitli temizleme yöntemleri uygulanmaktadır. En çok kullanılan temizleme sistemleri, kağıt torbalı, Siklon tipi ve su içerisinden geçirilerek filtrelemedir. Torbalı sistemde sık sık torba değişimi, diğerlerinde ise hepa filtre, imalat ve kullanım maliyetini arttırmaktadır.

Yapılan çalışma ile toz torbalı, vakumlu su banyolu ve hepa filtreli süpürge sistemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda yapılacak olan sistemin nasıl olması gerektiği, veriminin ve çalışma prensibinin hangi kriterlere uyumlu olacağı tespit edilerek çalışmalara başlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, vakumlu tip elektrikli süpürgelerde kullanılacak prototip kombine su banyolu bir filtre tasarlandı. Tasarım aşamasından sonra, kombine filtrede oluşan hava direncini bulmak ve çalışma sırasında meydana gelen olayları gözlemleyebilmek amacıyla deney düzeni şeklinde kombine su banyolu bir hava filtresi imal edilmiştir. Sistem kasasında vakum direncine dayanıklı, üst kapak bölümünü gözleme kolaylığı sağlaması için 10 mm kalınlığında cam kapak kullanılmıştır. Sisteme giriş ve çıkış noktalarından vakum ölçülmüş, çıkan materyal tartılmıştır. Sistemin başarısı, toz tutma verimi bulunarak ve vakum basıncı düşüşü ölçülerek belirlenmiştir.

Sistemin başarısını etkileyen faktörlerin başında filtre ve elektrik motoru gelmektedir. Öncelikle piyasada süpürgelerde kullanılan, kolay ve ucuza bulunabilen filtreler üzerinde durulmuştur. Ucuzluk, kolay bulunabilirlik ve kullanım kolaylığı olan Siyah filtre, Mavi filtre ve Tel filtre ve etiket değeri 1400 Watt, 15000 d/dk olan elektrik motoru çalışmalarda kullanılmıştır. Temizlenecek ince materyal(toz) yerine de çimento ve bentonit tercih edilmiştir. Netice itibariyle

tüm kullanılanlar ve çalışmalar ortaya koymuştur ki; temizlik sistemlerindeki eksiklik, uygulanan bu yeni metotla giderilebilir ve temizleme sistemlerindeki anlayış değişebilir.

### 1.1 Çevre ve Orman Bakanlığının temiz hava yönetmeliği

Havanın tabii bileşimini değiştiren, is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki kimyasal maddelere hava kirleticiler, insan ve çevresi üzerine etki eden hava kirliliğinin göstergesi olan, çevre havasında mevcut hava kirleticilerinin artan miktarıyla azalan kalitelere ise hava kalitesi denir. Hava kalitesi sınır değerleri ise, atmosferdeki hava kirleticilerinin bir arada bulduklarında, değişen zararlı etkileri de göz önüne alınarak tespit edilmiş konsantrasyon birimleriyle ifade edilir(443/5-6).

Çevre ve Orman Bakanlığının yayınlamış olduğu hava kalitesinin korunması yönetmeliğinin 6. maddesinde, uzun vadeli (UVS) ve kısa vadeli sınır (KVS) değerler şöyle verilmektedir. Burada kısa vade günlük ölçümleri, uzun vade ise bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamasını ifade etmektedir.

Havada asılı partikül maddeler (PM). (10 Mikron ve daha küçük partiküllerde.).

UVS' de  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$

KVS' de  $300\mu\text{g}/\text{m}^3$

Çöken tozlar, (PM) (10 Mikrondan büyük partiküller dahil).

UVS' de  $350\mu\text{g}/\text{m}^2$

KVS' de  $600\mu\text{g}/\text{m}^2$

Kurşun ve bileşikleri, (PM. ve Çöken tozlarda).

UVS' de  $500\mu\text{g}/\text{m}^2\text{gün}$  (Pb+)

Kadmiyum ve bileşikleri, (PM. ve Çöken tozlarda).

UVS' de  $7,5\mu\text{g}/\text{m}^2\text{gün}$  (Cd+)

Talyum ve bileşikleri, (PM. ve Çöken tozlarda).

UVS' de  $10\mu\text{g}/\text{m}^2\text{gün}$ .(Ta+)

Bakanlık bu değerlerin üstünde değerlere sahip Endüstri bölgelerinin kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), Kükürt Trioksit (SO<sub>3</sub>), Karbon Monoksit (CO), Azot Dioksit (NO<sub>2</sub>), Azot Monoksit (NO), Klorlu Hidrojen (HCl), Florlu Hidrojen (HF), Florlu Hidrojen (F), Hidrokarbonlar (HC) gibi gaz halinde maddelerin sınır değerlerini de vermektedir. Yapmış olduğumuz çalışmada bu verilere ihtiyaç olmadığı için yukarıdaki verilere dahil edilmemiştir (Anonim, 1986).

Hava; yaşamımızın en önemli kaynağıdır. Yerel hava kalitesi, yaşadığımız ve soluduğumuz havayı ve hayatımızın kalitesini doğrudan etkiler. Sorumlu birimler hava kalitesini ölçmelidirler. Hava kalitesinin sürekli ölçüldüğü bölgelerde, hava kalitesi indeksi hesaplaması yapılmalı ve elde edilen veriler halka duyurulmalıdır. Problemler kirleticiler günlük olarak incelenmelidir. Meteorolojik parametreler kullanılarak diğer günler için hava kalitesi ile ilgili tahminler yapılmalıdır.

Hava kalitesi indeksi, günlük hava kalitesini raporlamak için basit bir yoldur. Soluduğumuz havanın temiz veya kirli olduğunu bize söyler. Beş temel

kirletici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar; partikül maddeler, Karbon monoksit (CO), Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve Azot dioksit (NO<sub>2</sub>) dır. Bu kirleticilerin her biri için hava kalitesi indeks değerleri geliştirilmiştir.

### 1.1.1. Konsantrasyonların hesaplanmasında birim dönüşümü

Hava kirletici konsantrasyonu, ppm, ppb, mg/m<sup>3</sup>, µg/m<sup>3</sup> olarak ifade edilmektedir. ppm, milyonda bir birim demektir. ppm'in µg/m<sup>3</sup>'e dönüşümü,

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{Ppm} \times \text{MA} \times 10^3}{62.36 \times (\text{T}/\text{P})}$$

denklemleri ile tespit edilebilir. (Anonim, 1986). Burada;

MA: Kirleticinin molekül ağırlığı (g/mol),(Ozon,48, karbon monoksit, 28, kükürt dioksit, 64 ve azot dioksit, 46 g/mol alınır).

T: Ölçülen Sıcaklık (°K),(genel olarak 293°K alınır).

P: Ölçülen Basınç (mm Hg) (genel olarak 760 mm Hg alınır).

Buna göre ozon, karbon monoksit, kükürt dioksit ve azot dioksit için basit dönüşüm denklemleri sırasıyla:

$$\begin{aligned} \mu\text{g}/\text{m}^3 &= 1967 \times \text{ppm}, \quad \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1165 \times \text{ppm}, \quad \mu\text{g}/\text{m}^3 = 2663 \times \text{ppm} \text{ ve} \\ \mu\text{g}/\text{m}^3 &= 1913 \times \text{ppm} \end{aligned}$$

denklemleri ile hesaplanır.

### 1.1.2. Hava kalitesi indeksinin hesaplanması

Ölçülen hava kirleticisi değerleri EPA tarafından geliştirilen standart formül kullanılarak hava kalitesi indeksi değerlerine dönüştürülür. Her bir kirletici için ayrı ayrı hava kalitesi indeksi hesaplanır. Kirleticilerden en yüksek hava kalitesi indeksine sahip değer o günün kirleticisidir.

Kirletici konsantrasyonu verileri, Ek 1'deki kesme noktaları ve aşağıdaki denklemi kullanılarak hava kalitesi indeksini, AQI 'u, hesaplayabiliriz.

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

- $I_p$  : Kirletici için index  
 $C_p$  : Kirleticinin Yuvarlak kons.  
 $BP_{Hi}$  :  $C_p$ 'e eşit veya daha büyük kesme noktası.  
 $BP_{Lo}$  :  $C_p$ 'e eşit veya daha küçük kesme noktası

$I_{Hi}$  :  $BP_{Hi}$  le uyumlu AQI değeri  
 $I_{Lo}$  :  $BP_{Lo}$ 'le uyumlu AQI değeri

**Örnek 1.** Bir şehirde 8 saatlik ozon konsantrasyonu 0.0875 ppm. olarak ölçülmüştür. Buna göre hava kalitesi indeksini hesaplayınız.

**Çözüm.** Ek 2'ye bakarak ozon ölçüm aralığı bulunur. Bunun 0.085-0.104 ppm. olduğu tespit edilir. 8 saatlik ozon değeri için tablodaki hava kalitesi indeks değeri 101-150 dir.

Buna göre;

$$\text{Ozon, } I_p = \frac{100-150}{0.104-0.085} (0.087-0.085) + 101 = 106$$

Ölçülen 0.0875 ppm. ozon değerine göre hava kalitesi indeksi 106 dır. Bu değer in etkisi ve alınması gerekenler Çizelge 1.1'de verilmiştir. Bu değer hassas gruplar için sağlıksız olduğundan dolayı aktif haldeki çocuklar, yetişkinler ve akciğer hastası kişiler, astımlı gibi, uzun süreli veya yoğun dışarıda dolaşarak güç harcamaktan sakınmalılar ve aktif haldeki çocuklar, yetişkinler ile solunum hastalığı olan kişilerde, astımlı gibi, solunuma ilişkin semptomlar ile sıkıntılı soluk almada artışlar görülmektedir.

Havadaki partikül, katı ve sıvı damlaların karışımından oluşmaktadır. Bazı partiküller direkt olarak bacadan atılır. Bazıları ise atmosferde oluşur. Sağlık açısından boyutu 10 µm küçük olan partiküller önemlidir. Küçük partiküller akciğere kadar ulaşabilirler. Bunlar sağlık açısından büyük problem oluştururlar.

Çapları 2.5 µm'den küçük partiküllere ince partiküller denir. Bu partiküller o kadar küçüktür ki ancak elektron mikroskobu ile tespit edilebilirler. İnce partikül kaynakları, tüm yanma tesislerinde oluşur. Motorlu taşıtlar, termik santraller, yerleşim ısınma tesisleri, orman yangınları, çimento ve inşaat sanayi önemli partikül madde kaynağıdır.

Daha önceki ölçüm değerleri ile meteorolojik parametreler kullanılarak gün içinde hava kalitesi tahmininde bulunmak mümkündür. Hava kalitesi indeksi yükseldikçe hava kirliliği de artmaktadır. Hava kalitesi indeksi, 100'ün üzerinde olduğu zaman hava kalitesinin sağlık açısından kötü olduğu, indeks 300'ün üzerinde olduğunda ise hava kalitesi sağlık açısından zararlı demektir. İndeks Şekil 1.1. de görüldüğü üzere havanın zararlı olup olmadığını göstermektedir.



Şekil 1.1. Hava Kalitesi indeksi (Anonim, 2005).

Hava kalitesi indeksi kullanılarak elde edilen verilerin sağlık üzerine etkileri ile ilgili bilgiler, her bir kirlenici için ayrı ayrı verilmiştir. Ayrıca Çizelge 1.1.' deki bilgilerden faydalanarak hava kirliliğinden sağlığımızı nasıl korumak gerekliliği hakkında bilgi edinilebilir.

Çevre ve Orman bakanlığının yapmış olduğu düzenlemelerin tamamı insan sağlığını ilgilendirmektedir. Dış ortamlardaki zehirli gaz ve toz partiküller zamana bağlı olarak kapalı mekanları da kirlenmekte, kapalı mekanlarda da zamanla çökerek katman halini almaktadır. Bu da kapalı mekanlarda temizlik esnasında çökmüş halde bulunan tozları tekrar elektrik süpürgeleri sayesinde, uçan zararlılar haline getirmektedir.

Çizelge 1.1. Partikül Madde ile ilgili HKİ için Kirletici- Spesifik Uyarı Açıklamaları ve Kirletici-Spesifik Sağlık Etkileri Açıklaması (Anonim, 2005).

İndeks Değeri	Halk Sağlığı İle İlgili Seviye	HKİ için Kirletici-Spesifik Uyarı Açıklamaları	HKİ için Kirletici-Spesifik Sağlık Etkileri Açıklaması
0 ila 50	İyi	Hiçbiri	Hiçbiri
51 ila 100	Orta	Genel olmamak üzere hassas kişiler, uzun süreli açık veya yoğun açık havada güç harcamayı azaltmalıdırlar.	Hiçbiri
101 ila 150	Hassas Gruplar için Sağlıksız	Akciğer veya kalp hastası kişiler ile yaşlılar ve çocuklar, uzun süreli veya yoğun açık havada güç harcamayı azaltmalıdırlar.	Solunuma ilişkin semptomlarda artma ihtimali ve akciğer hastalarında astımlı gibi, kötüleşme.
151 ila 200	Sağlığa zararlı	Akciğer veya kalp hastası kişiler ile yaşlılar ve çocuklar, uzun süreli veya yoğun açık havada güç harcamayı azaltmalıdırlar. Başkaca herkes, uzun süreli veya yoğun açık havada güç harcamayı azaltmalıdır.	Solunuma ilişkin semptomlarda artma ihtimali ve akciğer hastalarında astımlı gibi, kötüleşme; genel halk üzerinde muhtemelen solunumla ilgili etkiler.
201 ila 300	Sağlığa çok zararlı	Akciğer veya kalp hastası kişiler ile yaşlılar ve çocuklar, açık havada tüm fiziksel aktivitelerden kaçınmalıdırlar. Başkaca herkes uzun süreli veya yoğun açık havada güç harcamaktan kaçınmalıdır.	Solunuma ilişkin semptomlarda artma ihtimali ve akciğer hastalarında astımlı gibi, kötüleşme; genel halk üzerinde solunumla ilgili etkilerde artma ihtimali.
301 ila 500	Tehlikeli	Akciğer veya kalp hastası kişiler ile yaşlılar ve çocuklar, evde kalmalı ve aktivite seviyelerini azaltmalıdırlar. Başkaca herkes, açık havada tüm fiziksel aktivitelerden kaçınmalıdır.	Solunuma ilişkin semptomlarda ciddi riskler ve akciğer hastalığı olanlarda, astımlı gibi, Kötüleşme.

## 1.2 Kil ve Çimento

Bakanlığın yayınları çerçevesinde, yapmış olduğumuz incelemeler sonucunda deneylerimizde, ürünlerin büyüklükleri ( $\mu\text{m}$ ), sudaki davranışları, hava içindeki çökmeleri ve yüzme kapasiteleri göz önüne alınarak, Portland Çimento ve Sodyum Bentonit kullanıldığından anılan materyalin bazı özelliklerinin incelenmesi gerekir.

### 1.2.1. Çimento

Hava ile suda sertleşen ve sertleştikten sonrada suda çözünmeyen hidrolik bağlayıcı bir maddedir. Üretiminde Silisyum (Si), Alüminyum (Al), Kalsiyum (Ca) ve Demir oksit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) kullanılmaktadır. Bu ürünler tabiatta sedimenter kayalar şeklinde bulunmaktadır ve sektörel bazdaki diğer isimleri de, Kireçtaşı, Kil ve Marn'dır (Kırık oğlu ve Yavuz, 1996).

Balıkesir Set Çimento Fabrikasında üretilen PÇ 42,5 olarak bilinen Portland çimento üzerinde yapılan deneylerde, üç adet deney numunesi, X-ışını kırılma yöntemi kullanılarak kimyasal analize tabii tutulmuş ve aşağıdaki (Çizelge 1.2) veriler elde edilmiştir.

Çizelge 1.2 Portland Çimento kimyasal analizi

Ürün ismi	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Diğerleri
% Oranı	20,04	63,03	5,81	3,62	1,43	2,87	0,94	0,18	2,6

Yapılan bu analizler sonrası çimentonun karışımında ve bileşiminde bir eksiklik olmadığı, kullanıma uygun olduğu ortaya konmaktadır. Bir diğer ölçümde ise çimentonun tane büyüklüğünün ölçülmesi ve 40 $\mu\text{m}$  lik elekten, çimentonun %86.4' nün geçtiğidir (Yılmaz, 2005).

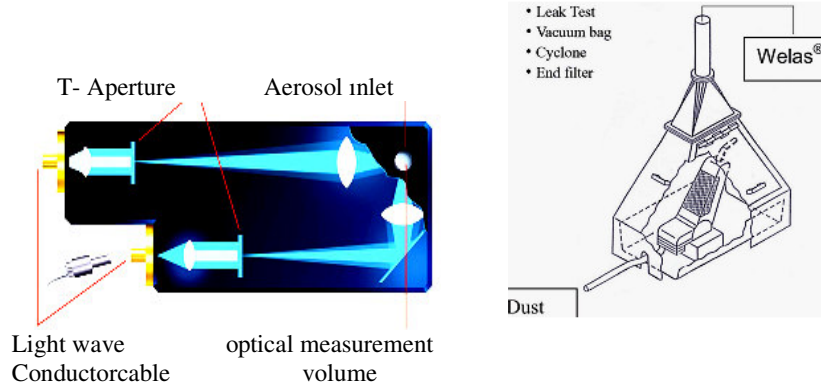
### 1.2.2. Sodyum Bentonit

Amerika'da Ford-Benton bölgesinde bulunan ve ismini buradan alan , Kolloidal özellikler gösteren plastisitesi yüksek olan bir kil çeşididir. Ağırlıklı olarak sondaj ve döküm bentoniti olarak kullanılan ürünün kimyasal formülü;  $(\text{Na,Ca})(\text{Al,Mg})_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})_3(\text{OH})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ' dur. Çimento üretiminde de önemli yer kaplayan kil, tane boyutu 2 mikronun altında olan sediman kil olarak ta isimlendirilmektedir. Sanayimizde bir çok sektörde kullanılan sodyum bentoniti, su ile teması sonucu hacmi 6-10 kata kadar çıkabilmektedir. Yoğunluğu 2.6  $\text{gr/cm}^3$  , iyonlaşma kapasitesi yüksek ve beyaz, gri,sarı, pembe, yeşil renklerde üretilmektedir (Anonim, 2006b).

### 1.3 Toz Ölçüm Teknikleri :

#### 1.3.1 Aerosol Spektrometre

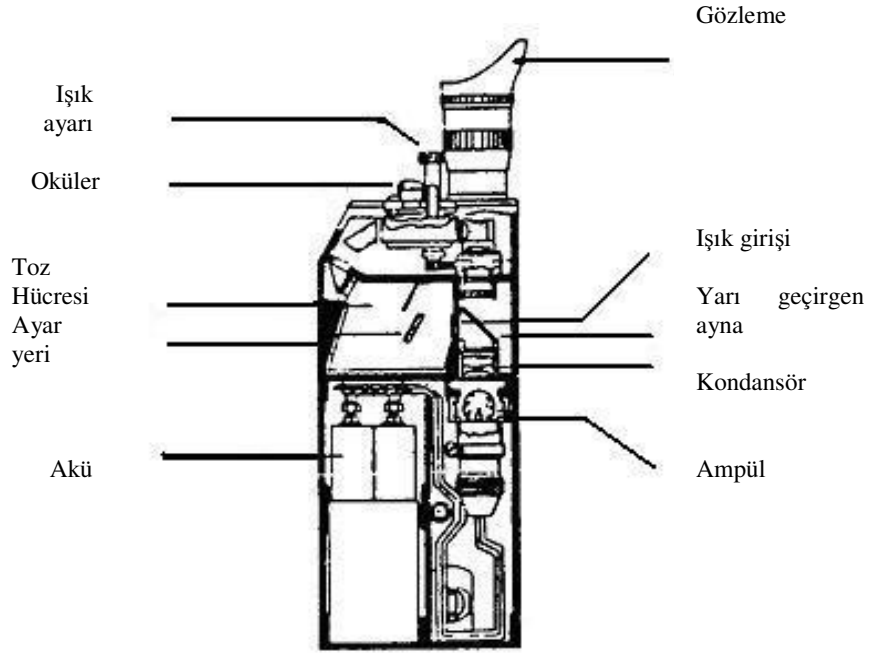
IEC 60312 normu, Vakumlu el süpürgelerinden çıkan tozu ölçen bir standarttır. Ölçülen konsantrasyon mg olarak ölçülür. Bazı ölçmelerde gravimetrik yöntem bazılarında ise optik yöntem uygulanır. Ancak ICE 60312 standardı için emisyon ölçümlerinde özel avantajları olduğundan dolayı tanecik sayımı gerekir. Geçmişte temiz odadaki sayımlar için bu metot kullanılmışsa da bu sayıcılar yüksek konsantrasyondaki taneleri saymak için yetersiz kalmakta ve yeterli hassasiyette ölçüm yapamamaktadır. Bu nedenle yüksek hassasiyetli ölçüm için Aerosol Spektrometre geliştirilmiştir. Kullanım alanlarının sınıflandırılması ile de verimli çalışmaları artacak olan spektrometrenin resmi Şekil 1.2 de verilmiştir. Aerosol; Su taneciklerinin hava içinde yüzen kısmına denir ( Mölter L., Schütz S., 2003).



Şekil 1.2 Aerosol Spektrometrenin çalışma prensibi ve çalışma düzeneği( Mölter L., Schütz S., 2003 ).

### 1.3.2. Tindalometre

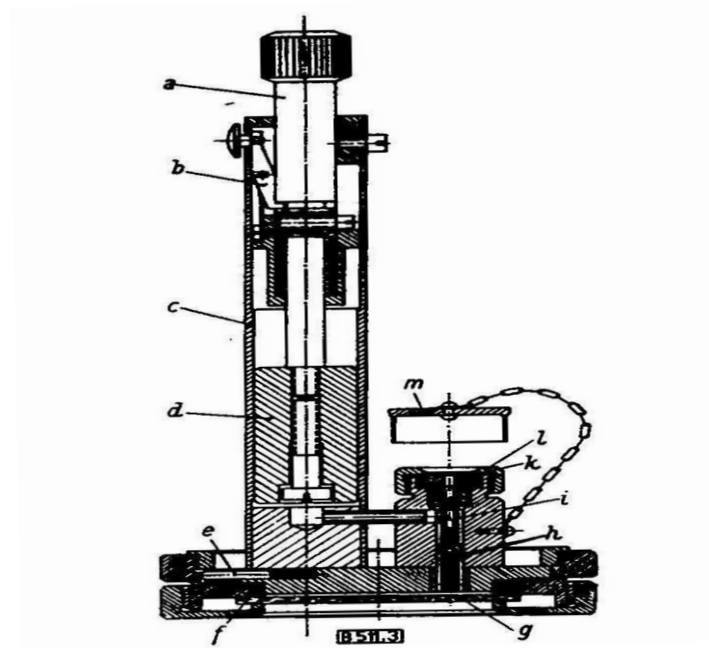
Şekil 1.3 de görülen, optik ölçü esasına dayanarak toz konsantrasyonunu ölçmeye yarayan alete denir. Tindalometre ye giren ışık huzmelerinden biri doğrudan doğruya, diğeri tozlu hava içinden geçerek nicol prizmaları ile eşit olarak aydınlatılan karşılaştırma yüzeylerine gelir, ışık şiddetinin bir eğri üzerinde mukayesesi ile de havadaki toz miktarı  $\text{mg/m}^3$  cinsinden hesaplanır( Anonim, 2003).



Şekil 1.3. Tindalometre kesit resmi ( Anonim, 2003).

### 1.3.3. Konimetre

Gravimetrik ölçü esasına dayanarak havadaki toz miktarını ve sayısını tespit etmeye yarayan cihazdır (Şekil 1.4). Konimetrenin çalışma esası belirli miktar havanın belli ağırlıkta bir filtreden geçirilmesi ile bu filtre üzerinde tutulan tozların ağırlığını saptamak suretiyle ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), havanın içerdiği tozun ağırlığını veya filtre üzerinde tutulan tozların mikroskop altında sayılması suretiyle ( $\text{adet}/\text{m}^3$ ) havanın içerdiği toz miktarı hesaplanarak hava kalitesi tespit edilebilmektedir. Bu değerlendirmeden başka, insan ve çevre sağlığı açısından tozların mineral yapısı da tespit edilebilmektedir (Anonim, 2003).



Konimetre

- a) Piston kolu, b) tetik, c) emme silindiri, d) çelik piston, e) mandal, f) conta, g) numune tablası, h) emme kanalı, l) lüle, k) saç telinden elek 60mm, i) vidalı kapak, m) koruyucu kapak

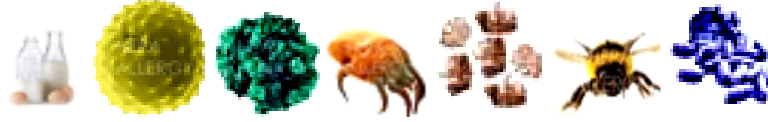
Şekil 1.4. Konimetre kesit resmi (Anonim, 2003).

## 1.4. Alerjenler ve Filtreler

### 1.4.1. Alerjenler

1-50 mikron büyüklüğündeki canlı ve cansız tüm uçuculara alerjen denir. Bunlar rahatlıkla akciğerlere ulaşabilen ve hastalık yapabilen maddelerdir. Resimleri Şekil 1.5' de verilen Alerjinler (alerjenler) beş ana grupta toplanabilir:

1. Çevresel (aero) Alerjenler
  - a. Ev tozu akarları
  - b. Polenler
  - c. Küf mantarları
  - d. Hayvan Alerjenleri
2. Böcek Alerjenleri
3. Besin Alerjenleri
4. İlaç Alerjenleri
5. Mesleki Alerjenler.

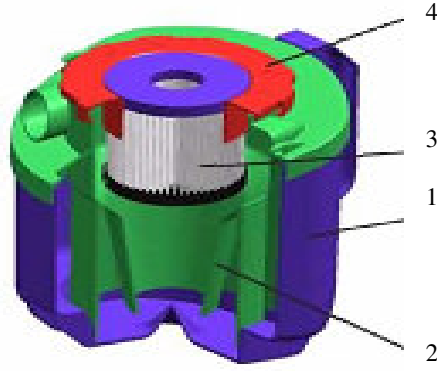


Şekil 1.5. Alerjenler (Anonim, 2005b).

Bunlar içinde en sık rastlanan ve en sık alerjik hastalığa yol açanlar çevresel alerjenlerdir. Bunlar buldukları ortama göre ev içi ve ev dışı olarak ikiye ayrılır. En sık rastlanan ev içi çevresel alerjen ev tozu akarı alerjenleri, daha sonra küf mantarı ve hayvan alerjenleri gelir. En sık rastlanan ev dışı çevresel alerjenleri ise polen ve daha sonra küf mantarlarıdır. Ev tozu akarları tıbbi adıyla "Mite" olarak adlandırılmaktadır. En sık rastlanan tipi de "dermatofagoid" olarak anılmaktadır ki, deri yiyen anlamına gelmektedir. Bu parazit niteliğindeki böcekçikler normalde halı, kilim, yorgan, yastık, tüylü eşyalar ve oyuncaklarda yaşarlar. Yaşamaları için gerekli besini insan deri ve tüy döküntülerinden karşılarlar. Su ihtiyaçlarını ise havadaki nemden elde ederler. Yukarıda saydığımız tüm alerjenler astım hastalığına ve alerjik nezleye yol açarlar. Temizlik sistemleriyle ev ortamından atılmaları için çalışmalar halen sürdürülmekte olup en gelişmiş teknoloji ise şu anda Hepa filtrelerdir ki, bu filtrenin de yeterliliği ispatlanmamıştır (Anonim, 2005b).

#### 1.4.2 Hepa (High Efficiency Particulate Air) filtre

Filtreleme sistemlerinde en son geliştirilmiş, 0,3 mikron seviyesine kadar tutma özelliğine sahip, hastane ve benzeri hassas tesislerde ve elektrik süpürgelerinde kullanılan yüksek maliyetli filtredir. Temizleme imkanı olmayan, montajında da zorluklar çekilen bu filtre, çok kolay hasar görmektedir ve darbe dayanımı düşüktür. Kullanım esnasında özellikle elektrik süpürgelerinde ön filtersiz, yani yalnız çalışmayan bir filtredir ve Şekil 1.6. da verilmiştir (Sunar, 2005).



Şekil 1.6. Hepa filtre kesit resmi (1.Dış gövde, 2.İç gövde, 3.Filtre, 4.Kapak).

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Hava filtreleri 1930'larda merkezi sıcak hava dolaşım cihazları ortaya çıktığından beri iklimlendirme-havalandırma sistemlerinde ve diğer temizlik ünitelerinde de kullanılmaktadır. Önceleri bu filtreler, ısıtıcı elemanları ve ilgili hava dolaşım sistemlerini, havadaki tüylerin, tozların ve çeşitli partiküllerin potansiyel tutuşma tehlikesine karşı korumaktaydı. İklimlendirme uygulamalarının 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren kullanımı yaygınlaştıkça, hava filtreleri ek olarak soğuma serpantinlerinin bozulmasını önleme görevi de görmeye başladı. Bu filtrelerin ilk örnekleri cam yünü, hayvansal ve sentetik lifler, metal örgülü, selülozik ve diğer bazı gözenekli maddelerden oluşuyordu. 1980'lerde ve 1990'larda iç ortam hava kalitesi ile ilgili hassasiyet arttıkça, iklimlendirme-havalandırma sistemlerindeki bakteri üremesi ve toz kirliliğinin önlenmesi konusu önem kazandı. Yakın zamanda, 11 Eylül 2001 terörist saldırılarından kaynaklanan endişeler ve bunun yanında yeşil bina teşviklerinin artarak sürmesi ile birlikte, bina sahiplerinin filtreleme konusuna verdiği önem bir kat daha artmıştır. Binalardaki hava temizleme sistemleri ile bağlantılı küf oluşumu ve ortam havasındaki solunabilir partiküller filtreleme sistemlerinde yeni arayışlara yöneltmiştir (Dora, 2006).

Burroughs ve Hansen (2004), binalarda yapmış oldukları filtre çalışmalarında 16 çeşit filtrenin verimlerini araştırmışlar, katı ve geniş filtreler kullanmışlardır. Belirli standartlarda üretilen bu filtreler, ev, işyeri, hastane, okul gibi mekanlarda yıllardır kullanılan filtrelerdir. MERV (Sub-minimum efficiency reporting value) isimli bu filtrelerin, L (merv5-6), M (merv7-12) ve H (merv13-14-16) diye üç kısımda incelendiği; L' nin kıvrımlı filtre ve kartuş-küp filtreden, M' nin zenginleştirilmiş malzemeli kıvrımlı filtre, fiberglas veya sentetik torba filtre, kağıt kutu filtreden, H' nin ise Torba, rijit kutu veya örgülü kartuş filtreden olduğunu belirtmişlerdir. Deneyler sonucunda minimum 0.3 µm çapındaki ürünlerin, L tipi filtrelerde max. % 10.1, M tipi filtrelerde max. % 51.4, H tipi filtrelerde ise max. % 99.7 verime sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Marangozluk sanayinde kullanılan serbest filtrasyon sökücü ünitelerin performanslarının ölçümü esnasında, ağır toz ortamında farklı filtre elemanlarıyla çalışma yapılmış, filtre etkinlikleri incelenmiştir. Pamuklu dokumadan ve iğne delikli (mikro gözenekli) filtrelerle yapılan denemelerde, filtre üzerinde tutulan toz konsantrasyonları değerlendirilmiş ve iğne delikli torbaların verimlerinin yüksek olmasına rağmen, solunumla alınan hava içinde toz miktarının yüksek olduğu, temizleme kalitesinin de sağlık açısından verimsiz olduğu bildirilmiştir (Thorpe ve Brown, 1999).

Son yıllarda vakumlu elektrikli süpürgelerde (vacuum cleaners), kuru toz filtrelerinin ince tozların tutulmasındaki yetersizliği dikkate alınarak, daha etkin ve farklı tiplerde filtre geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalarda daha çok teknoloji geliştirmede doğrudan ilgisi olan vakumlu elektrikli süpürge üreticileri tarafından yürütülmektedir. Literatür araştırmasında, konuyu bilimsel olarak ele alıp amaca uygun filtre geliştirilmesine ilişkin bir araştırmaya ulaşılamamıştır. Su, ince tozların tutulması yönüyle üstün özelliklere sahiptir. Bu nedenle üretici firmalar sulu tip filtre geliştirme konusunda çalışmaktadır. Ancak bu çalışmalar bilimsel bir çalışmaya dayanmayıp deneme sına yöntemiyle sürdürülmektedir.

Hava içerisindeki tozun su içerisinde geçirilerek ayrıştırılması düşüncesi temelinde doğru bir yaklaşım olsa bile emiş hattında vakum basıncında önemli düşüşe neden olduğu açıktır. Nitekim anılan yaklaşıma dayalı su banyolu filtre, bir firma tarafından imal edilmiş, ancak elektrikli süpürge emiş hattındaki vakum değerini büyük oranda düşürdüğü için başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Belirtilen nedenle, emiş hattında tozlu havanın su içerisinde nasıl geçirileceğine ilişkin bilimsel bir çalışmanın yapılması gerekir.

Suyu santrifüj etki ile yağmurlama benzeri pülverize ederek oluşturulan filtre ortamından emilen havayı geçirerek tozların suda tutulmasını sağlayan bir filtreleme sistemi geliştirmiş ve A.B.D.'de patent almak için müracaat etmişlerdir. Ancak ayırma derecesi ve kullanılabilirliği konusunda detaylı bilgi verilmemiştir (Stead, 2005).

Dyson, Stead'in yapmış olduğu çalışmaya benzer, başka bir çalışmayı geliştirmiş bir biçimde uygulayarak elektrik süpürgesi piyasa sürmüştür. Bu konuyla ilk olarak 1978 yılında uğraşmaya başlayan Dyson, Ballbarrow imalat yerinde boya bölümündeki hava filtresinin toz parçacıklarıyla tıkanıp göremek, endüstriyel Siklon Kulesi inşa etmiş, merkezkaç kuvvetini yerçekimi kuvvetinin 100.000 katına çıkararak toz parçacıklarını havadan uzaklaştırmıştır. Bu sistemin %99,99 oranında başarılı olduğunu söyleyen Dyson, bu sistemde de HEPA (High Efficiency Particulate Air) filtre kullanmayı ihmal etmemiştir. Verim konusunda bu kadar iddialı söylemleri olan Dyson, süpürgelerdeki motor güçlerini, hava debilerini, vakum basıncını ve toz verimini mikron cinsinden söylememektedir (Anonim, 2006a).

Islak/kuru temizleme sistemlerinde halen kullanılmakta olan düzen değiştirilmeden, geliştirilen bir filtre ile ıslak malzemenin toplanması amaçlanmıştır. Hidrofobik ve hava geçirgenliğine sahip bu filtre, üniteye monte edilerek kullanılmakta ve toplanan malzeme miktarının filtreyi etkilemeyeceğinden bahsedilmektedir (Anonim, 1998).

Vakumlu hava ile emilen tozun havadan ayrılmasında kullanılan diğer bir sulu filtre Almanya'da Karcher firması tarafından geliştirilmiştir (Anonim, 2005a). Bu filtre sisteminden emiş hattından gelen hava ile karışık toz ve iri kirlilik bileşenleri filtre tabanındaki suya dalarak geçmekte ve böylece ayırma sağlanmaktadır. Anılan firmanın sulu filtreli elektrikli süpürgeye ilişkin teknik değerlere göre, motor gücü 1400 Watt, hava debisi 55 l/s, vakum basıncı 210 mbar ve filtreleme derecesi %99 olarak verilmiştir. Bu tip filtreleme ile 0.3 mikron boyutundaki tozların bile filtrede tutulabildiği belirtilmiştir.

Havada uçan ve zamana bağlı olarak zemine çöken toz partikülleri tüm ortamlarda karşımıza çıkmaktadır ve bu göz önüne alınarak yapılan bir çalışmada da, alışveriş merkezleri, okullar ve ofislerde bu oranların ne olduğu tespit edilmiştir.

Alışveriş merkezleri için.....41±14µg/m<sup>3</sup>  
Ofislerde.....16 ±5 µg/m<sup>3</sup>  
Okullarda.....20±10µg/m<sup>3</sup>

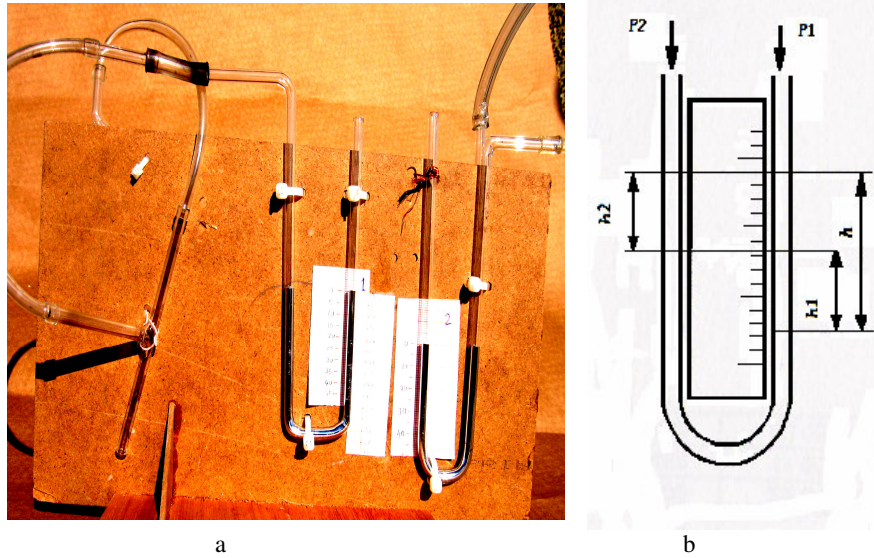
Yapılan bu çalışmanın sonucunda ortamlarda toz partiküllerinin büyüklük dağılımı ise 0,3 - 20 µm arasında olduğunu söylemişlerdir (Anderson ve arkadaşları, 2002).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1. Vakum ölçüm düzeneği

Vakum ölçüm düzeneği U şeklinde kıvrılmış cam veya plastik gibi şeffaf bir boru içine orta seviyelerine kadar akışkan konularak ölçümün gerçekleştirildiği bir cihazdır ve şekli, Şekil 3.1' de verilmiştir. Manometrenin iki koluna farklı P1 ve P2 basınçları uygulanacak olursa, şekilde görüldüğü gibi, manometre kollarındaki sıvı yükseklikleri farklı seviyelerde dengede kalır.



Şekil 3.1. Vakum ölçüm düzeneği, a: Deney düzeneği resmi, b: teknik resmi

Bu seviyeler arasındaki toplam fark  $h$ , basıncı ileten akışkanın yoğunluğu  $\rho_f$ , manometrede kullanılan sıvının yoğunluğu  $\rho_m$  ve yer çekimi ivmesi  $g$  ise basınç dengesi,

$$P1 + gh \rho_m = P2 + gh \rho_f,$$

Basınç farkı için ise,

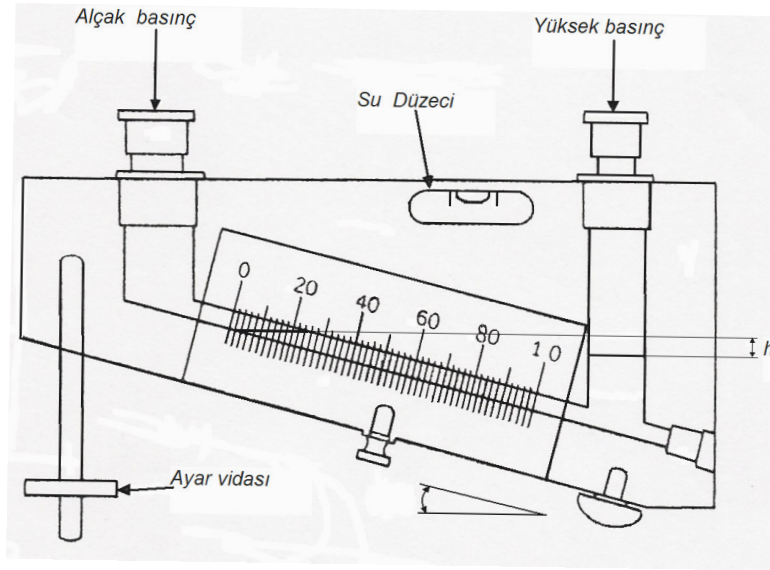
$$P1 - P2 = hg( \rho_m - \rho_f ),$$

şeklinde yazılır. Manometre 'de kullanılan saf su veya cıva gibi akışkanların yoğunlukları % 0,005 hassasiyetle bulunabilir. Bu da yapılan ölçümlerde manometrenin yüksek hassasiyetlerde ölçüm yapabildiğini gösterir.

Deneylerde 6mm çapında cam malzemeden yapılan 2 adet U manometre, ölçüm için ise cıva (Hg) kullanılmıştır.

### 3.1.2. Eğik Manometreler

Kuyu tip Manometrelerin ölçme kolları eğimli hale getirilerek özellikle küçük basınçların daha hassas bir şekilde ölçümleri sağlanabilir. Şekil 3.2. de verilen eğik manometre ile ölçüm yapılırken sistemdeki yüksek basınç, yüksek basınç koluna, düşük basınç ise alçak basınç koluna bağlanır.



Şekil 3.2. Deneylerde kullanılan eğik manometre.

Eğik koldaki sıvı uzunluğu 'n' olduğuna göre toplam seviye farkı aşağıdaki gibidir.

$$h = n (\sin\alpha + 2 \times A)$$

Bu eşitlikte  $\alpha$  kolun yatayla yaptığı açığı,  $A$  ise kolun alanını göstermektedir. Laboratuarlarda kullanılan birçok eğik manometrede kolun eğimi ayarlanabilmekte ve aynı manometre ile farklı basınçlar değişik hassasiyetlerde ölçülmektedir.

Deneylerde eğik manometrenin kullanılış amacı, kombine su banyolu filtrenin giriş ve çıkışında ölçülen vakum basınçlarından giderek hesaplanan basınç düşümü değerini kontrol etmektir. Manometrelerde Hg yüksekliğini okumada yapılan hatalar düşey kollara sahip (U manometrelerde) olanlarda daha az olduğundan Şekil 3.1.' de manometrelerden okunan değerlerden bulunan vakum basıncı düşümü değerleri kullanılmıştır.

### 3.1.3. Elektrik süpürge motoru

Alternatif akım ile çalışan universal tip kolektörlü motordur. Portatif ve kova tipi elektrik süpürgelerinde ve alçak basınçlı kompresörlerde kullanılır. 400-2000 Watt'a kadar imal edilirler. Bu tip motorların devri 15000- 20000 d/dk arasında değişir. Devrin yüksek olması iyi bir vakumlama sağladığından bu motorlar elektrik süpürgelerinde daha çok tercih edilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Elektrik süpürge motoru demontaj resmi

Motor süpürge içine, gövdeye monte edilmekte ve kalkış momentleri çok yüksektir. Motor miline sabitlenmiş pervane sayesinde emiş ve soğutma aynı anda yapılır.

### 3.1.4. Filtreler

Yapmış olduğumuz çalışmada piyasada filtreleme amaçlı kullanılan iki standart filtre ve süzme amaçlı kullanılan yaklaşık 1 milimetre genişliğinde delik düzeneğine sahip tel filtre diye adlandırdığımız filtre kullanılmıştır. Şekil 3.4. de mavi ve siyah filtre komple resimleri, şekil 3.5. de ise mavi, siyah ve tel filtrenin gözenek resimleri görülmektedir.



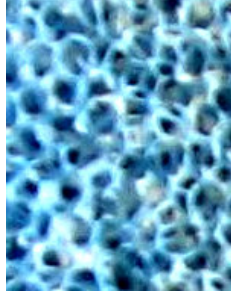
a) Mavi filtre



b) Siyah filtre

Şekil 3.4. Kullanılan filtrelerin komple görüntüsü

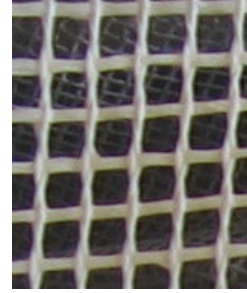
Mavi filtre geniş gözeneklere sahip, diğer filtrelere göre daha geniştir. Siyah filtre ise ince gözenekli ve kalınlık olarak maviden daha ince, tel filtreye göre de kalındır.



a) Mavi filtre



b) Siyah filtre

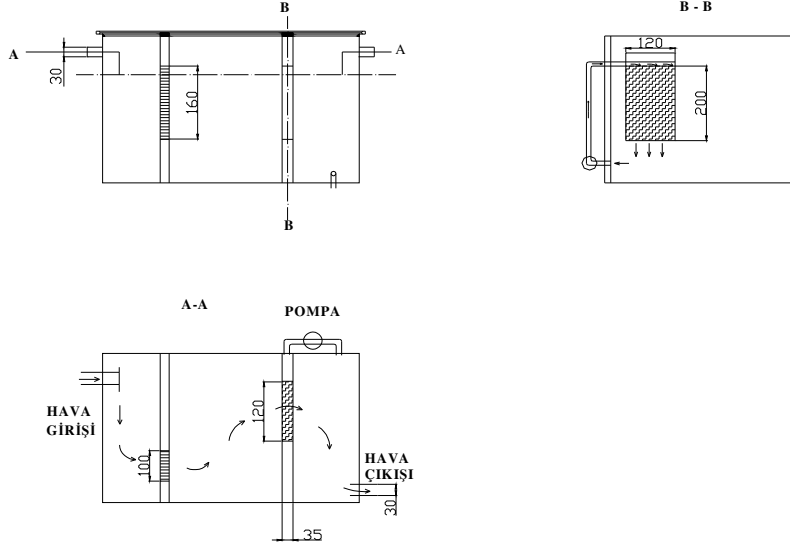


c) Tel filtre

Şekil 3.5. Kullanılan filtrelerin büyütülmüş gözenek görüntüleri

### 3.1.5. Prototip kombine sulu filtre

Deneyin yapılmasına imkan sağlayan, sacdan yapılmış, dış yüzeyi fırın boya ile yalıtılmış, üst bölümü 10 milimetre cam kapakla kapatılmış, yüksek vakum direncine sahiptir. Üç bölmeden oluşmaktadır. Kesit resmi Şekil 3.6. da verilen deney düzeneğinin birinci bölümü ( Şekil 3.7.a) toz ve partiküllerinin su yüzeyine çarparak büyük ve ağır ürünlerin tutulduğu, kaba ön filtrenin bulunduğu yerdir.



Şekil 3.6. Deney düzeneği kesit resmi

Şekil 3.7.b de, yani ikinci bölmede, düz bir akış halini alan hava hassas filtreye gelmektedir. Burada su akışının olduğu filtre içerisinden geçen hava üçüncü bölmeye gelmektedir.



a) 1. bölme                      b) 2. bölme                      c) 3. bölme  
Şekil 3.7. 1.2. ve 3. bölme görüntüleri

Üçüncü bölmede temiz hava, içerisinde su zerrecikleri ile çıkışa gelir .Burada su zerreciklerinin elektrik motoru içerisine geçişini önleme amaçlı koruma levhası bulunur ve bu levha su zerreciklerinin üçüncü bölmede kalmasını sağlar.

Şekil 3.8. de ise deney düzeneğinin üstten çekilmiş fotoğrafı görülmektedir. Resimde siyah olarak görülen ve hava sızdırmazlığını sağlayan conta bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Deney düzeneği resmi üstten görünüşü

### 3.1.6. Sodyum Bentonit

Çimento üretiminde de önemli yer kaplayan bentonit, diğer adıyla kil tane boyutu 2 mikronun altında olan, sanayimizde bir çok sektörde kullanılan sodyum bentoniti, su ile teması sonucu hacmi 6-10 kata kadar çıkabilmektedir.Yoğunluğu  $2.6\text{gr}/\text{cm}^3$  , iyonlaşma kapasitesi yüksek ve beyaz, gri, sarı, pembe, yeşil renklerde üretilmektedir.

### 3.1.7. Çimento

Üretiminde Kireçtaşı, Kil ve Marn kullanılan, hava ile suda sertleşen ve sertleştikten sonrada suda çözünmeyen hidrolik bağlayıcı bir maddedir. Tane büyüklüğü 10-40 µm arasında değişen, bir kısmı havada asılı kalabilen ve bir kısmı da çöken, çalışmalarımızda kullanabileceğimiz ideal bir üründür.

### 3.2 Yöntem

Bu çalışmada elektrik süpürgesi ölçülerine yakın ölçülerde deney ünitesi, üç çeşit filtre ve iki çeşit toz materyali kullanılmıştır. Deney ünitesi su ile irtibatlı olacağından ve paslanma olması ihtimaline karşı fırın boya ile yalıtılmış olup su sızdırmaz şekilde yapılmıştır. Hava giriş ve hava çıkış adı altında iki noktadan bağlantı ağzı açılarak, hava giriş bölümüne elektrik süpürgelerinde kullanılan emiş düzeneği monte edilmiştir. Hava çıkış kısmına ise elektrik motoru monte edilmiştir. Deney ünitesinin üst kapak kısmı 10 mm cam kapakla kapatılarak, dışardan içerisi görülmeye imkanı sağlanmış, böylelikle hava akımı esnasında suyun ve kirli havanın fiziksel davranışları incelenebilmiştir. Çalışma esnasında filtre değişimi gerektiğinde kolaylıkla filtre değiştirilebilmekte, toz materyal değişimi gerektiğinde ise kısa sürede temizleme ve değişiklik yapılabilmektedir.

Denemelere ilk başlandığında, deney ünitesi içerisine 8125 gr su konuluyor, 100 gr toz 1 m<sup>2</sup> alan içerisinden 10 dakikalık sürede temizleniyordu. Kombine su banyolu hava filtre sistemi vakum basıncı altında ve hava akımı hızı yüksek olduğundan suyun buharlaşma miktarını belirlemek amacıyla 1 saat süreyle deney yapılmıştır. Sonuçta filtre sisteminde 0.475 kg/h suyun buharlaştığı saptanmıştır. Bu nedenle filtrede kullanılan su miktarından giderek filtre veriminin bulunması yönteminin doğru sonuçlar vermeyeceği anlaşılmıştır. Deney kabı içerisindeki su ve tutulan materyal toplamı ise her denemede farklı çıkmaktaydı. Bu nedenle su içerisinde tutulan materyal miktarı, her seferinde tüm etkenler aynı olmasına ve materyalin de aynı olmasına rağmen birbirinden çok farklı çıkması, yöntemimizin yanlış ve değiştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. İkinci tur denemeler ise farklı bir yöntemle gerçekleştirilmiştir.

Sonraki deneylerde filtre sistemine 8000 gr su konuldu, 100 gr tozu 1 m<sup>2</sup> alan içerisinden 10 dakika sürede temizlenerek, kabın içinde kalan su ve tutulan materyal 12 litre hacminde, yırtılmaya dayanıklı bir naylon torbaya alındı. 18 denemede de aynı işlem gerçekleştirilerek, torbalar 18 gün süre ile askıya alınarak ağzları atmosfere açık şekilde, su içerisindeki toz çimento ve bentonitin çökmesi sağlandı. Böylece dibe çöken ürün sudan büyük oranda ayrıldı ve üst kısımda kalan su, kap içerisinden alındı. İçerisinde tutulan toz ile az miktarda su kalan naylon torbanın ağzı atmosfere açık bir şekilde, oda koşullarında 21 gün daha bekletilerek suyun buharlaşması sağlandı. Naylon torba içerisinde kalan ürün daha sonra 1 saat, 115 °C de ısıtılarak katılaşmış toz içerisinde kalabilecek nem ve su molekülleri ayrıştırıldı. Böylelikle temizleme esnasında tutulan ürün miktarı gr cinsinden ortaya çıkarılmıştır.

Çöktürme işlemi yapıldıktan ve naylon torbanın üst bölümündeki su ayrılıp atıldıktan sonra, torba içerisindeki ürün ve bir miktar su buharlaşmaya bırakılmaktadır. Atılan su içerisinde çökmeyen ve su ile atılan toz miktarının tespit edilmesi için, farklı bir deney yapılarak su ile atılan toz miktarı tespit edilmiştir. Bir diğer tespit ise naylon torbalar için yapılmıştır. Naylon torbalar kullanımdan önce 14.5 gr olarak tartılmış ve hepsinin aynı gramaja sahip olmasına dikkat edilmiştir. Bu ölçüm bize, içerisindeki su, oda koşullarında buharlaştırılan ürünün tartılması kolaylığı sağlamış, başka bir kaba aktarma gereği olmadan kurutulmuş ürün firesiz tartılabilmektedir.

Bu çalışmada dikkat çekici bir diğer husus ise, 1 saat boyunca kurutulmak amacıyla 115 °C de bekletilen ürünün , kullanılan 100 gr üründen ağır çıkmasıdır. Örnek olarak kurutulmuş ürün 100 gr' ın altında çıkması gerekirken 110 gr çıkmasıdır. Bunun nedeni ise ürün içerisinde kurutulmasına rağmen hala su zerreciklerinin bulunmasıdır. Bu su zerreciklerinin kaç gram olduğunu tespiti için, suya doymuş 100 gr ürün, oda koşullarında bekletilerek içindeki su buharlaştırılmış, sonra da 1 saat boyunca 115 °C de etüvde kurutulmuş ve tartılmıştır. Böylece 100 gr ürünün buharlaştırma işleminden sonra kaç gram suyu bünyesinde tuttuğu % olarak hesaplanmış ve gerçekte tutulan ürünün gram cinsinden miktarı tespit edilmiştir. Bunun formülize edilmiş hali aşağıdaki gibidir.

$$\text{TOPKM} = 0.75 \times D \quad (\text{Çimento için})$$

$$\text{TOPKM} = 0.86 \times D \quad (\text{Bentonit için})$$

$$D = \text{Toplam tutulan materyal ( gram )}$$

Bu çalışma iki kişi ile yapılmış olup tek kişi tarafından yapılması mümkün olmamıştır. Bir kişi 10 dakika süre içerisinde 1 m<sup>2</sup> alanda tozun emilmesi işlemi gerçekleştirmiş, diğer kişi ise temizleme esnasında basınç düşüşlerini ve cam kapak bölümünden su ve havanın fiziksel davranışlarını takip etmiştir. Yapılan ölçümlerin kaydı tutulmuş, bu kayıtlar istatistiki olarak değerlendirmeye tabi tutularak, verimlerin % değer cinsinden kıyaslanması imkanı sağlanmıştır. Bu kıyaslama normal şartlar altında, toz torbalı süpürge ile 1 m<sup>2</sup> alan içerisinde 100 gr toz çimento ve bentonitin temizlenip, süpürge torbasında kalan toz miktarı ile, su banyolu deney düzeneğinde tutulan toz miktarları % verim cinsinden karşılaştırılmıştır.

Bir diğer ölçüm ve kıyaslama filtreler için yapılmıştır. Kullanılan üç filtrenin denemeler esnasında verimleri istatistiksel olarak karşılaştırılarak, filtre etkinlik değerleri de aşağıdaki formülle tespit edilmiştir.

$$\text{Filtre Etkinliği} = \frac{\text{Tutulan Materyal}}{\text{Kullanılan materyal}}$$

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Filtre Verimlerinin Değerlendirmesi

Yapılan deneyler sonrası elde edilen değerler istatistik analizine tabi tutuldu. Tesadüf Parselleri deneme testinde, faktöryel deneme desenine göre Varyans Analizi uygulandı. Üzerinde durulan özellikler hakkında önemli olan faktörlere ilişkin ( filtreler ve tozlar ) alt grupların karşılaştırılmasında DUNCAN çoklu karşılaştırma testinden faydalandı. Yapılan istatistik sonuçları değerlendirilmesi Çizelge 4.1. de ve veri analizler karşılaştırması Çizelge 4.2. de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deney sonucunda elde edilen Toplam Kuru Mamulün (TOPKM) istatistiksel değerlendirilmesi (Varyans Analiz Çizelgesi).

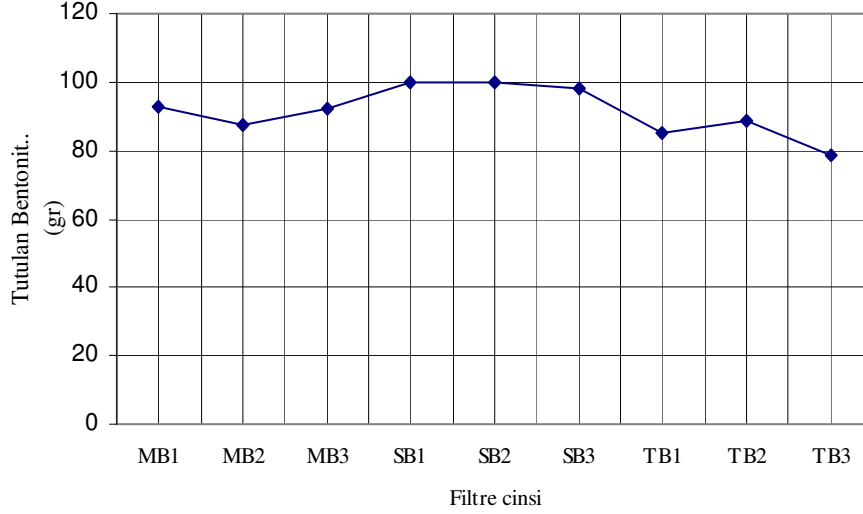
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	Olasılık değerleri(P)	
FİLTRELER (Fİ)	2	224.347	112.173	10.73	0.0021	**
ÜRÜNLER(ÜR)	1	20.055	20.055	1.92	0.1912	*
Fİ + ÜR	2	178.101	89.050	8.52	0.0050	**
HATA	12	125.453	10.454	-----	-----	
GENEL	17	547.957	-----	-----	-----	

Çizelge 4.2. TOPKM cinsinden deney verilerinin ortalamaları ve karşılaştırılması.

	Çimento % değeri	Bentonit % değeri	Toplamda % değeri	
MAVİ FİLTRE	85.267 (± 2.333)	90.667 (± 1.695)	88.217 (± 1.694)	**
SİYAH FİLTRE	91.267 (± 0.649)	99.300 (± 0.557)	95.283 (± 1.837)	***
TEL FİLTRE	90.733 (± 1.593)	84.133 (± 3.049)	87.433 (± 2.132)	**
ORTALAMA	89.256 (± 1.212)	91.367 (± 2.421)	90.311 (± 1.338)	

\* P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\* P<0.001

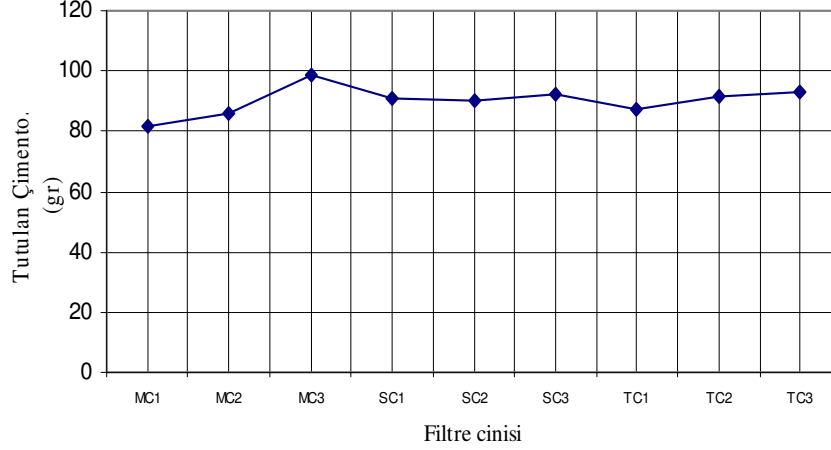
İstatistiksel analiz sonucunda Çizelge 4.1. de Siyah filtre veriminin diğerlerine göre yüksek çıktığı, aynı verilerin Şekil 4.1. de incelendiğinde siyah filtre verimini desteklediğini görmekteyiz. Çizelge 4.2. de aritmetik ortalamalarda bunu desteklemektedir. Siyah filtre ortalaması çimentoda % 91.267, bentonitde ise % 99.3 çıkmış olup ortalaması % 95.283 çıkmıştır.



Şekil 4.1. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Bentonit ile yapılan çalışmada % tutulan cinsinden sonuçları (M: Mavi filtre, S: Siyah filtre, T: Tel filtre, B: Bentonit).

Şekil 4.1.' de görülmektedir ki tane büyüklüğü 2-10 mikron arasında olan Bentonit , Çimento'ya göre tane yapısı küçük olmasına rağmen filtrelerde daha çok tutulmuştur. Bunun nedeni ise kilin çimentoya göre daha fazla su molekülünü içinde tutabilmesindedir. Bir diğer önemli nokta ise Siyah filtre veriminin diğerlerine göre yüksek olmasıdır.

Şekil 4.2. de ise, Tel filtrede verilerin birbirine yakın, Mavi filtrede birbirinden farklı, Siyah filtrede ise birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Burada çimentonun filtrede tutulma seviyesinin bentonite göre daha düşük olmasına rağmen, verilerin birbirine yakın olması, her üç filtrenin de çimentoyu tutma seviyelerinin birbirine yakın olduğu ortaya çıkmaktadır. Çimento ve bentonitin ortalama tutulma miktarları Çizelge 4.2.' de, karşılaştırıldığında ise, bentonitin 91.367 gr, çimentonun ise 89.256 gr olduğu, bentonitin daha fazla tutulduğu görülmektedir. Bentonitin ortalama değerini de artıran siyah filtre olmakla birlikte tüm demelerde siyah filtre verimi artırmaktadır.



Şekil 4.2. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Çimento ile yapılan çalışmada % tutulan cinsinden sonuçları (M: Mavi filtre, S: Siyah filtre, T: Tel filtre, C: Çimento).

#### 4.2. Vakum düşüşü ( Filtre Direnci )' nün değerlendirilmesi

Çalışma esnasında deney ünitesi üzerinde iki noktadan basınç ölçümü yapılmıştır. İlk ölçüm hava girişi, ikinci ölçüm ise filtre çıkış noktasıdır. Tüm veriler ayrıntılı olarak Ek.1 de sunulmuştur.

İstatistiksel analiz sonrasında Çizelge 4.3. de Siyah filtre veriminin diğerlerine göre farklı olduğu, basınç düşüşünün fazla olduğu, buna bağlı olarak filtre içerisinden geçişin zor olduğu, tutulan partiküllerin fazla olduğu ortaya çıkmaktadır. Çizelge 4.4. de ise Çimento deneyinde Mavi filtre de vakum değeri diğerlerine göre yüksek olmasına rağmen Topkm cinsinden verimi yüksek olan Siyah filtre olmuştur. Bentonit deneyinde ise Vakum ve Topkm değerleri açısından yine siyah filtre verimi diğerlerine göre yüksek çıkmıştır.

Şekil 4.3. ve Şekil 4.4. de, Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, bentonit ve çimento ile yapılan çalışmada süpürge giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Çimento ile üç farklı filtre denemelerinde, çıkış filtre dirençlerinin yüksek çıkmadığı, bentonit ile yapılan denemelerde ise çıkış filtre dirençlerinin yüksek çıktığı görülmektedir. Bu gözlemden de şöyle bir sonuç çıkmakta; Çimentoda filtrelerin çok fazla zorlanmadığı, bentonitte ise zamana bağlı olarak su emen bentonitin filtreleri zamanla tıkadığı, çıkış filtre direncini yükselttiğidir. Şekil 4.1. den de görülebileceği gibi, Topkm cinsinden de bentonitle yapılan deneylerde verim diğerlerine göre yüksek çıkmış ve Filtre direnci seviyesi ile Topkm seviyeleri birbirine yakın gözükmemektedir. Burada dikkat çekici olan, yine tane büyüklüğü düşük olan bentonitte verimin diğerlerine göre yüksek olmasıdır.

Çizelge 4.3. Deney sonucunda elde edilen Filtre Direncinin ( $\Delta P$ ) istatistiksel değerlendirmesi (mmHg).

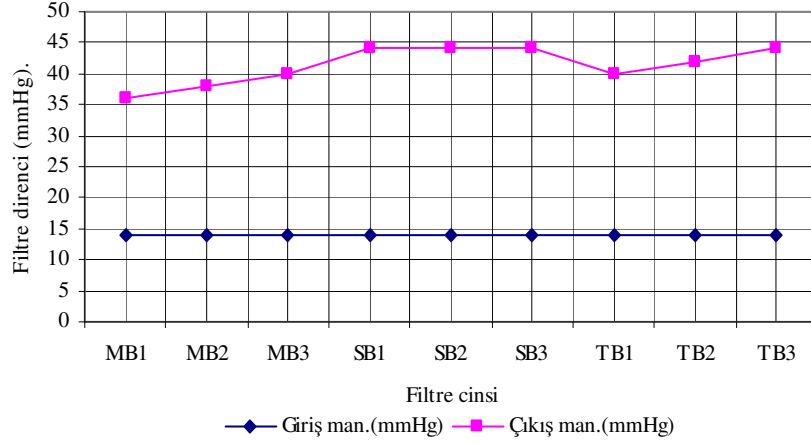
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	Olasılık değerleri(P)	
FİLTRELER (Fİ)	2	25.33	12.666	5.18	0.0239	*
ÜRÜNLER(ÜR)	1	162.00	162.00	66.27	0.0001	***
Fİ + ÜR	2	65.333	32.66	13.36	0.0009	***
HATA	12	29.333	2.444	-----	-----	
GENEL	17	288.00	-----	-----	-----	

Çizelge 4.4. Filtre Direnci ( $\Delta P$ ) cinsinden deney verilerinin ortalamaları ve karşılaştırılması (mmHg).

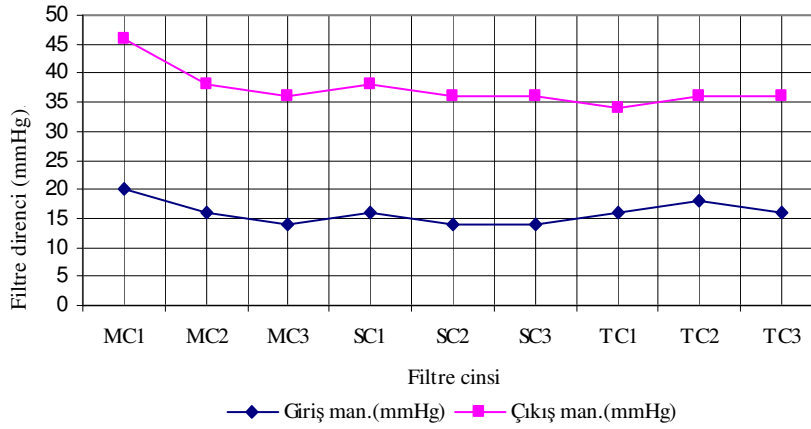
	Çimento % değeri	Bentonit % değeri	Toplamda % değeri	
MAVİ FİLTRE	23.331 ( $\pm$ 1.333)	24.000 ( $\pm$ 1.155)	23.667 ( $\pm$ 0.803)	**
SİYAH FİLTRE	22.000 ( $\pm$ 0.000)	30.000 ( $\pm$ 0.000)	26.000 ( $\pm$ 1.789)	***
TEL FİLTRE	18.667 ( $\pm$ 0.667)	28.000 ( $\pm$ 1.155)	23.333 ( $\pm$ 2.171)	**
ORTALAMA	21.333 ( $\pm$ 0.816)	27.333 ( $\pm$ 1.000)	24.333 ( $\pm$ 0.960)	

\*  $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$

Şekil 4.3' de ise giriş ve çıkış basınç düşmeleri karşılaştırılmıştır. Çıkışta vakum düşüşünün en yüksek olduğu noktanın SB1, SB2 ve SB3 noktaları olduğu, girişteki aynı noktada basınç düşmesinin aynı oranda yükselmediği, toz parçacıklarının bu noktada daha fazla tutulduğu görülebilmektedir. Diğer bir nokta ise TC2 noktasıdır. Burada giriş basıncı yüksek olması, filtre içerisinden geçişin rahat olduğunu, çıkış basıncının aynı oranda yükselmemesi de tutulan mamulün yüksek miktarda olmadığını göstermektedir.

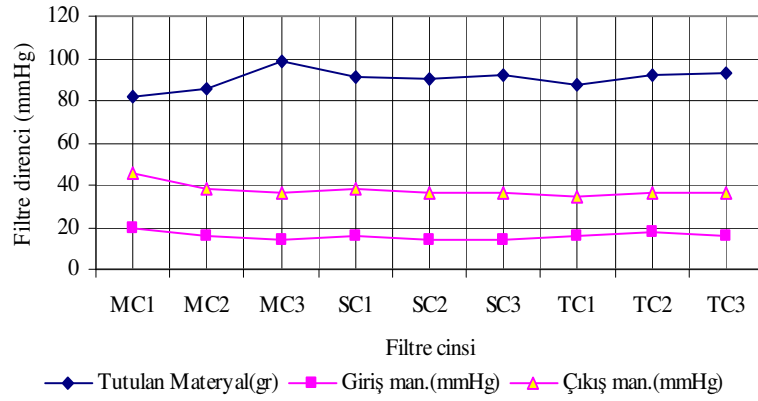


Şekil 4.3. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Bentonit ile yapılan çalışmada süpürge giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması (M: Mavi filtre, S: Siyah filtre, B: Bentonit).

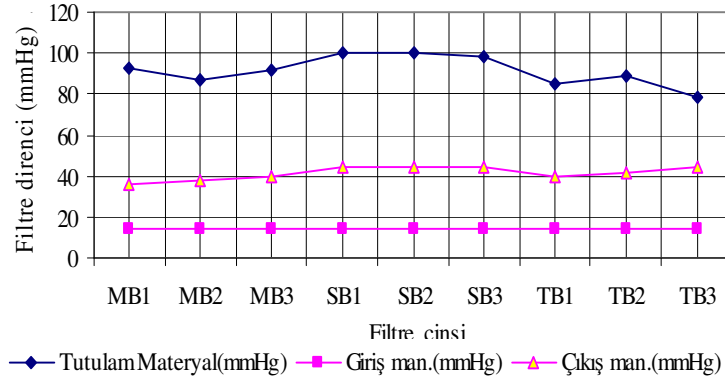


Şekil 4.4. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Çimento ile yapılan çalışmada süpürge giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması (M: Mavi filtre, S: Siyah filtre, C: Çimento).

Aşağıda Şekil 4.5. ve Şekil 4.6. 'da tutulan ürünlerin ağırlıkları (gr), sisteme giriş ve çıkış manometre (mmHg) basınçları birlikte verilmiş, çalışma düzeni ve verim göstergelerinin uyumluluğu karşılaştırılmıştır. Çimentonun kullanıldığı, Şekil 4.5.'de üçlü karşılaştırmada giriş ve çıkış manometre basınçlarının uyumlu olduğu ve tutulan materyal cinsinden tersinir yönden uyumlu olduğu görülmektedir. Bentonitin kullanıldığı, Şekil 4.6.'de üçlü karşılaştırmada ise giriş ve çıkış manometre basınçlarının uyumlu olmadığı ve tutulan materyal cinsinden tersinir yönden çıkış manometre basıncına uyumlu olduğu, bu nedenle de Siyah filtrenin kullanıldığı bentonit denemelerinde verimin yüksek çıkma nedeni olarak gösterilebilir.



Şekil 4.5. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Çimento ile yapılan çalışmada süpürge , giriş ve çıkış manometre ( mmHg ) değerleri ile TOPKM (gr) değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.6. Mavi, Siyah ve Tel filtrenin, Bentonit ile yapılan çalışmada süpürge giriş ve çıkış manometre (mmHg) değerleri ile TOPKM (gr) değerlerinin karşılaştırılması.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ölçümler, istatistiksel veriler ve grafikler ortaya koymaktadır ki, yapılan çalışma, kurulan sistem başarılı, toz ve partiküllerin tutularak ortama geri verilmemesi konusunda günümüz sistemlerine göre daha verimlidir. Üçlü grafikte (Şekil4.5. ve Şekil 4.6.) tutulan ürünlerin ağırlıkları (gr), sisteme giriş ve çıkış manometre (mmHg) basınçları birlikte verilmiş, çalışma düzeni ve verim göstergelerinin uyumluluğu karşılaştırılmıştır.

Çalışmalarımızı 1m<sup>2</sup> alan içerisine 100gr çimento ve 100gr bentonit serpiştirerek 10dk içinde temizledik. Aynı işlemi piyasada kullanılan yüksek verimle, toz torbalı sistemle çalışan bir süpürge ile yaptık. Bizim hazırladığımız sistemde siyah filtrenin max.verimi 99.300 ( $\pm$  0.557), mavi filtrenin 90.667 ( $\pm$  1.695) ve tel filtrenin 90.733 ( $\pm$ 1.593) dır. Toz torbalı filtrenin esi % 40-50 civarında çıkmıştır. Bu karşılaştırma ile de ortaya çıkmaktadır ki; Kombine su banyolu filtre başarılı olmuştur.

Bu araştırma sonucunda ortaya çıkan bulgular ve değerlendirmelere dayanılarak konu ile ilgili daha sonra yapılması gereken çalışmalar şöyle sıralanabilir:

- 1-Deney düzeneği farklı ölçü standartlarında üretilip, çok büyük ve çok küçük ebatlarda verimi araştırılmalıdır.
- 2-Yanma sistemlerine gelen gaz ve türevlerinin temizlenmesinde denenmelidir.
- 3-Su yüzeyine tutunabilen ürünlerin farklı hava akışlarında tutunabilme yetenekleri bu sistemde araştırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Anderson, H., Stridh, G., Linder, B., Oscarsson, J., 2002. *Total Dust Exposure and Size Distribution of Air Borne Particles in Day-Care Centres, Schools and Offices*. [www.chips.net/info/iaq\\_papers](http://www.chips.net/info/iaq_papers) 14.03.2006.
- Anonim, 1986. *Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği*. Resmi Gazete 19269 sayılı kanun, madde 6.
- Anonim, 1998. *Filter for a Wet / Dry Vacuum Cleaner for Wet Material Collection* (Inventors: Scanlon, J. J., Wnenchak, R. M., Giannetta, R.W.) 26 February 1998.
- Anonim, 2003. [www.etimaden.gov.tr/tr](http://www.etimaden.gov.tr/tr) 18.08.2005.
- Anonim, 2005. *Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği*. Resmi Gazete 19269 sayılı kanun, madde 6.
- Anonim, 2005a. *Air : Solusi Kebersihan Vacuum Cleaner Modern*. [www.glodokshop.com/HA/media/image/karcher](http://www.glodokshop.com/HA/media/image/karcher).
- Anonim, 2005b. [www.hepa-sistem.com](http://www.hepa-sistem.com) 10.04.2005.
- Anonim, 2006a. [www.hakman.com.tr](http://www.hakman.com.tr) 15.05.2004.
- Anonim, 2006b. [www.tulumenmadencilik.com/bentonit](http://www.tulumenmadencilik.com/bentonit) 12.04.2006
- Burroughs, H. E. B., Hansen, S.J., 2004. Managing indoor air quality(ch.8). Lilburn, GA: Fairmont Pres. *HPAC Engineering*, ( April, 2004 ) : 8 s.
- Burroughs, H. E. B., 2004. Role of filtration efficiency in HVAC system cleanliness and building security. *American Filtration and Seperations Society 9th World Filtration Congress*. April 2004.
- Dora, C. M., 2006. Filtreleme etkinliğini artırma. *Termodinamik Dergisi*, ( Şubat 2006 ) : 56-64 s.
- Kırık oğlu S., Yavuz F., 1996. *Endüstriyel hammaddeler ve Çimento Hammaddeleri*. Madencilik özel ihtisas komisyonu endüstriyel hammaddeler alt komisyonu, çimento hammaddeleri ve yapı malzemeleri çalışma grubu raporu 1996, Ankara, 2-13 S.
- Mölter L., Schütz S., 2003. Accurate Particle Counting of Vacuum Cleaner Emissions. *Featurearticle*, ( November 2003 ) : 28-31 s.
- Stead, R. D. 2005. *Air Filtration Apparatus and Aromatizer*. Patent Application No: 20050011354. Livonia, MI, US. [www.freshpatents.com/Air-filtration-apparatus-and-aromatize](http://www.freshpatents.com/Air-filtration-apparatus-and-aromatize).
- Sunar, D., 2005. Makine mühendisleri odası İstanbul şubesi. *Temiz Odalarda Kontrol Parametreleri*. 14 Temmuz 2005. İstanbul. 20-30.
- Thorpe, A., Brown, R. C., 1999. Measurement of the performance of free-standing filtering extraction units used in the woodworking industry. *Health and Safety Laboratory, Broad lane, Sheffield S3 7HQ, U. K.*
- Yılmaz, A., 2005. *Çeşitli Çimentolarla Üretilen Harçlar İçin Olgunluk Fonksiyonlarının Geçerliliğinin Araştırılması*. D.E.Ü., Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik dergisi, 35 s.

EK 1.1.

FİLTRE ETKİNLİĞİ DEĞERLERİ

D.N.	Filtre tipi	Kullanılan Materyal (gr)	Çıkan katı Materyal (gr)	Çökmeyen Materyal (gr)	Top. tutulan Materyal( D ) (gr)	Toplam kuru mamul (gr)
1	MB	B.100	81.9	21	102.9	92.7
1	MB	B.100	80.5	21	101.5	87.3
1	MB	B.100	86.1	21	107.1	92
1	MC	Ç.100	105.4	3.5	108.9	81.7
1	MC	Ç.100	110.9	3.5	114.4	85.8
1	MC	Ç.100	116.2	3.5	119.7	89.8
2	SB	B.100	95.6	21	116.6	100
2	SB	B.100	95	21	116	99.7
2	SB	B.100	93.2	21	114.2	98.2
2	SC	Ç.100	117.8	3.5	121.3	91
2	SC	Ç.100	116.9	3.5	120.4	90.3
2	SC	Ç.100	119.8	3.5	123.3	92.5
3	TB	B.100	78	21	99	85.2
3	TB	B.100	82.3	21	103.3	88.8
3	TB	B.100	70.2	21	91.2	78.4
3	TC	Ç.100	113.3	3.5	116.8	87.6
3	TC	Ç.100	118.9	3.5	122.4	91.8
3	TC	Ç.100	120.2	3.5	123.7	92.8

EK 1.2

## VAKUM DÜŞÜM DEĞERLERİ - FİLTRE DİRENCİ

D.N.	Filtre Tipi	Kullanılan Materyal (gr)	Giriş Manometre (mmHg)	Çıkış Manometre (mmHg)	U Manometre (mmHg)
1	MB	B.100	14	36	22
1	MB	B.100	14	38	24
1	MB	B.100	14	40	26
1	MC	Ç.100	20	46	26
1	MC	Ç.100	16	38	22
1	MC	Ç.100	14	36	22
2	SB	B.100	14	40	30
2	SB	B.100	14	44	30
2	SB	B.100	14	44	30
2	SC	Ç.100	16	38	22
2	SC	Ç.100	14	36	22
2	SC	Ç.100	14	36	22
3	TB	B.100	14	40	26
3	TB	B.100	14	42	28
3	TB	B.100	14	44	30
3	TC	Ç.100	16	34	18
3	TC	Ç.100	18	36	18
3	TC	Ç.100	16	36	20

EK 2. Hava Kalitesi İndeksi İçin Kesme Noktaları

Kesme Noktaları						Bu HKİ eşit Kategori		
O>(ppm) 8 saat	O>(ppm) 1 saat	PM <sub>25</sub> (µqm <sup>3</sup> )	PM <sub>1</sub> (µqm <sup>3</sup> )	CO (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	AQI <sup>(4)</sup>	
0.000 - 0.054	-	0.0 - 15.4	0 - 54	0.0 - 4.4	0.000 - 0.034	( <sup>2</sup> )	0 - 50	İyi
0.065 - 0.084	-	15.5 - 40.4	55 - 154	4.5 - 9.4	0.035 - 0.144	( <sup>2</sup> )	51 - 100	Orta
0.085 - 0.104	0.125 - 0.164	40.5 - 65.4	155 - 254	9.5 - 12.4	0.145 - 0.224	( <sup>2</sup> )	101 - 150	Hassas gruplar için sağlıksız
0.105 - 0.124	0.165 - 0.204	65.5 - 150.4	255 - 354	12.5 - 15.4	0.225 - 0.304	( <sup>2</sup> )	151 - 200	Sağlıksız
0.125 - 0.374	0.205 - 0.404	150.5 - 250.4	355 - 424	15.5 - 30.4	0.305 - 0.604	0.65 - 1.24	201 - 300	Çok sağlıksız
(>)	0.405 - 0.504	250.5 - 350.4	425 - 504	30.5 - 40.4	0.605 - 0.804	1.25 - 1.64	301 - 400	Zararlı
(>)	0.505 - 0.604	350.5 - 500.4	505 - 604	40.5 - 50.4	0.805 - 1.004	1.65 - 2.04	401 - 500	Zararlı

- (1) Bölgeler 8 saat ozon değerlerini temel almış HKİ raporları için gereklidir. Küçük bölgelerde bir saatlik ozon değerini almak zordur.  
(2) NO<sub>2</sub>, NAAQS kısa devreli değeri yok ve sadece 200'ün üzeri için AQI oluşturabilir.  
(3) 8 saatlik O<sub>3</sub> değeri 0.374 olduğu zaman, AQI değeri 301 veya daha yüksek olduğu zaman mutlaka saatlik ortalama değer alınmalıdır  
(4) 50 AQI yıllık hava kalitesi limitini, 100 AQI ise 24 saatlik limit değerini göstermektedir.

## ÖZ GEÇMİŞ

1972 yılında Konya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Konya'da tamamladı. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden 2002 yılında mezun oldu. 1990-2002 yılları arasında makine imalat sektöründe çalıştı. 2002 yılı Kasım ayında geldiği Van' da, 2003 Eylül ayında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Erciş Meslek Yüksek Okulunda ders ücreti karşılığı çalışmaya başladı. 2004 Şubat ayında aynı üniversitenin Makine Mühendisliği bölümüne yüksek lisans öğrencisi olarak girdi. Halen Yüzüncü Yıl Üniversitesi Erciş Meslek Yüksekokulu'nda ders ücreti karşılığı, öğretim görevlisi ve Vega Tim Özel Güvenlik Okulu Müdürü olarak görev yapmaktadır.