

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

**VAKUMLU ELEKTRİKLİ SÜPÜRGELER İÇİN HELEZONİK TİP SU  
YIKAMALI HAVA FİLTRESİ GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: FEVZİ KELEN  
DANIŞMAN: PROF. DR. HASAN YUMAK

VAN-2009

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Prof.Dr. Hasan YUMAK danışmanlığında Fevzi KELEN tarafından hazırlanan Vakumlu Elektrikli Süpürgeler İçin Helezonik Tip Su Yıkamalı Hava Filtresi Geliştirilmesi isimli bu çalışma 21/01/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir

Başkan : Prof. Dr. Hasan YUMAK

İmza:

Üye : Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ

İmza:

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdullah ALTIN

İmza:

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

## ÖZET

### VAKUMLU ELEKTRİKLİ SÜPÜRGELER İÇİN HELEZONİK TİP SU YIKAMALI HAVA FİLTRESİ GELİŞTİRİLMESİ

KELEN, Fevzi

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan YUMAK

Ocak 2009, 49 Sayfa

Vakumlu elektrikli süpürgeler çok ince tozları da hava ile karışık olarak emmektedir. Günümüzde bu süpürgelerde farklı tipte kuru ve sulu tip filtreler kullanılmaktadır. Bunlarda en yaygın olarak bilinen kâğıttan veya elyaf içeren malzemelerden yapılmış olan kuru toz filtreleridir. Ancak bu filtrelerin toz partiküllerini tutmadaki verimleri oldukça düşüktür. Ortamdaki toz, içerisinde mite, polen, küf, kimyasal bileşikler ve birçok mikroorganizma bulundurur. Bunlar hem sağlık açısından hem de ortamdaki eşyalar açısından zararlıdır. Son yıllarda vakumlu elektrikli süpürgeler için geliştirilmiş sulu tip filtrelerde, kullanımdaki zorluklar, toz partiküllerini tutmadaki verim düşüklüğü ve maliyetlerinin yüksek oluşu bunların dezavantajları olarak göze çarpmaktadır.

Bu çalışmada elektrikli süpürgelerde kullanılmak üzere helezonik tip su yıkamalı bir hava filtresi prototipi tasarlanmıştır. Tasarlanan prototip, suyun küçük çaptaki partikülleri yakalamadaki üstün özelliğinden ve santrifüj ayırma esasından faydalanılarak geliştirilmiş olup, iki kısımdan oluşmaktadır. Tasarlanan prototip ile bir seri deney gerçekleştirilmiş, bu deneylerde toz materyali olarak portland çimento ve bentonit kullanılmıştır. Deneylerde filtre etkinliği % 82.1 - % 96 arasında, filtre direnci ise 8-12 mmHg değerleri arasında bulunmuştur. Yapılan deneysel çalışmalar sonucu elde edilen veriler, tasarlanan prototip ünitenin, filtre etkinliği, çalışma performansı ve diğer işletme koşulları açısından başarılı olduğunu ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Helezonik su yıkamalı filtre, Toz filtresi, Filtre etkinliği, Elektrikli süpürge.

## ABSTRACT

### IMPROVING HELICOID TYPE FILTER WITH WATER FLOW FOR VACUUM CLEANER

KELEN, Fevzi

MSc, Mechanical Engineering Department

Supervisor: Prof. Dr. Hasan YUMAK

January 2009, 49 pages

Vacuum cleaners, working vacuum effect and called electrical cleaners shortly, are capable of suck dirties even fine particles falled in environment as sediment. Different types filter elements are used to capture fine particles with in air stream in form of dust material. Some filters are made of fibril and porous material, also named dry type filter. These filters are not capable of capture fine particles. Inhaletion of air including fine dust particles such as polen, molds, mites, chemicals are harmful for healty, electronic media and other things. In recent years different type water bath filter elements are used in some vacuum cleaners to overcome mentioned deficiency. But efficiency of these systems are low yet. Furthermore, vacuum cleaners with water bath filter are very expensive. Idea of capture fine material by water was found encouraging, so many studies were focused on water type filter.

Helicoid type filter with water flow for vacuum cleaner is designed and tested in present study. Prototype filter was composed of two functional units. Firstly dusty air is passed through in water for coarse separation and then air is forced rotational movement as passed through helicoid filter element to capture fine particles by water flow. After preliminary tests, a serial of tests were carrid out to determine filter efficiency and resistance of the filter to air stream. Portland cement and bentonite were used as dust material. Filter efficiency was ranged from 82.1% to 96%. Filter resistance of air stream was found 8-12 mmHg in accordance with filter conditions. Results obtained from performance tests of prototype filter were found to be satisfactorily.

**Key words:** Helicoid filter, Dust fitler, Filter efficiency, Vacuum cleaner.

## ÖN SÖZ

Kapalı ortam hava kalitesinin insan sağlığı ve verimi ile doğrudan ilişkisi nedeniyle günümüzde önemi her geçen gün artmaktadır. Hastaneler, okullar, ev ve v.b. gibi kapalı ortamların havasında partikül madde ve solunabilir bir çok mikroorganizma bulunmaktadır. Sağlık açısından ciddi problemler oluşturan bu zararlılar kalp ve solunum hastalıklarından kaynaklı ölümler ile bağdaştırılmıştır.

Bu çalışmada suyun küçük çaptaki partikülleri yakalamadaki üstün özelliğinden ve santrifüj ayırma esasından faydalanarak, vakumlu elektrikli süpürgelede kullanılabilecek ölçülerde, helezonik tip su yıkamalı bir hava filtresi prototipi imal edilmiştir. Prototip filtre iki kısımdan mevcut olup, birinci kısımda hava, direk su yüzeyine püskürtülerek burada içerisindeki büyük çaptaki partiküllerden, daha sonra da santrifüj etki altında su yıkamalı helezonik hazne içerisinden geçirilerek, buradan da içerisinde ayrılmayan küçük çaptaki partiküllerden ayrışması sağlanmıştır. Böylece hava hem içerisindeki ince tozlardan ayrışması, hem de aynı anda yıkanması gerçekleştirilerek, ortama temiz bir şekilde bırakılmıştır. Filtrasyon sonucu tutulan partikül madde miktarını belirlemede, yapılan tekrarlı ölçümlerde yüksek değerlerin elde edilmesi kurulan sistemin başarılı, veriminin ise diğer sistemlere nazaran daha fazla olduğunu göstermiştir. Deneysel sonucu elde edilen yüksek verim değerleri, tasarlanan prototip ünitenin günümüz vakumlu tip temizleyicilerde kullanılan filtrasyon sistemleri için bir yenilik getireceğinin göstergesidir.

Dilerim bu çalışma, kapalı ortam hava kalitesini artırarak, solunabilir partikül madde ve mikroorganizmaların sağlık üzerindeki etkisini en aza indirmiş olur. Çalışmalarında benden sabrını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli hocam Prof. Dr. Hasan YUMAK'a ve çalışmalarımı laboratuvarında gerçekleştirdiğim Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Dekanlığına şükranlarımı sunarım.

**Fevzi KELEN**

## 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. Çalışmanın Amacı	3
1.2. Çalışmanın Önemi	4
2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	5
2.1. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği	8
2.1.1. Konsantrasyonların hesaplanmasında birim dönüşümü	10
2.1.2. Hava kalitesi indeksinin hesaplanması	12
2.1.3. Hava kalitesi indeksi ile sağlık arasındaki ilişki	13
2.2. Partikül Madde Ölçümünde Kullanılan Aletler ve Ölçüm Yöntemleri	17
2.2.1. Partikül madde ölçümünde kullanılan aletler	17
2.2.2. Partikül madde ölçüm yöntemleri	18
2.2.2.1. Gravimetrik numune alıcı	18
2.2.2.2. Radyometri / $\beta$ ışını absorpsiyonu	18
2.2.2.3. Piezoelektrik terazi yöntemi	19
2.2.2.4. Nefhelometri / ışık kırınımı	20
2.2.2.5. Reflektometri / siyah duman	20
2.3. Alerjenler	21
2.3.1. Solunumsal (Ev Tozu Akarları) alerjenler	21
2.4. Vakumlu Tip Elektrikli Süpürgelerde Kullanılan Filtreler	23
2.4.1. Hepa (High Efficiency Particulate Arresting) filtre	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM	24
3.1. Materyal	24
3.1.1. Prototip helezonik tip su yıkamalı hava filtresi	24
3.1.2. Vakum ölçüm düzeneği	26
3.1.3. Eğik manometreler	28
3.1.4. Elektrikli süpürge motoru	29
3.1.5. Çimento ve sodyum bentonit	30
3.1.5.1. Çimento	30
3.1.5.2. Sodyum bentonit	31
3.2. Yöntem	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	35
4.1. Filtre Veriminin Değerlendirilmesi	35
4.2. Filtre Direncinin Değerlendirilmesi	39
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	44
EKLER	46
ÖZ GEÇMİŞ	49

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>sayfa</b>
Şekil 2.1. Düşey helezonik ayırıcılı vakumlu elektrikli süpürge nin şematik yapısı	6
Şekil 2.2. Hava kalitesi indeksi	16
Şekil 2.3. Piezoelektrik terazi yöntemi şeması	19
Şekil 2.4. Mite (akar) ler	22
Şekil 2.5. Hepa filtre kesit resmi	23
Şekil 3.1. Deney düzeneği teknik resmi	24
Şekil 3.2. Deney düzeneği resmi önden görünüşü	25
Şekil 3.3. Vakum ölçüm düzeneği ve teknik resmi	26
Şekil 3.4. Eğik manometre	28
Şekil 3.5. Elektrikli süpürge motoru	29
Şekil 3.6. Çimento ile yapılan deneylerde kurutulan örnekler	32
Şekil 3.7. Bentonit ile yapılan deneylerde kurutulan örnekler	33
Şekil 4.1. Helezonik tip su yıkamalı hava filtresinin çalışma sırasındaki görünümü	36
Şekil 4.2. Helezonik tip su yıkamalı hava filtresinin çimento ile yapılan çalışmada tutulan materyalin gram cinsinden sonuçları	37
Şekil 4.3. Helezonik tip su yıkamalı hava filtresinin bentonit ile yapılan çalışmada tutulan materyalin gram cinsinden sonuçları	38
Şekil 4.4. Helezonik tip su yıkamalı hava filtresinin çimento ile yapılan çalışmada filtre giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması	39
Şekil 4.5. Helezonik tip su yıkamalı hava filtresinin bentonit ile yapılan çalışmada filtre giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması	40
Şekil 4.6. Helezonik tip su yıkamalı hava filtresinin çimento ile yapılan çalışmada tutulan materyalin gram cinsinden değeri ile filtre giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması	41
Şekil 4.7. Helezonik tip su yıkamalı hava filtresinin bentonit ile yapılan çalışmada tutulan materyalin gram cinsinden değeri ile filtre giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması	42

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>sayfa</b>
Çizelge 2.1. Partikül madde hava kirleticileri için uyulması gereken uzun ve kısa vadeli sınır değerler.	9
Çizelge 2.2. Partikül madde ile ilgili HKİ için kirletici- spesifik uyarı açıklamaları ve kirletici-spesifik sağlık etkileri açıklaması.	14
Çizelge 3.1. Portland çimento bileşenleri.	30
Çizelge 3.1. Bentonit bileşenleri.	31
Çizelge 4.1. Deney sonucu elde edilen filtre etkinliği (FE) değerlerinin varyans analizi.	35



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

SO <sub>3</sub>	Kükürt trioksit
CO	Karbon monoksit
Si	Silisyum
Al	Alüminyum
Ca	Kalsiyum
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Demir oksit
P <sub>1</sub>	Manometrenin birinci koluna uygulanan basınç
P <sub>2</sub>	Manometrenin ikinci koluna uygulanan basınç
h	Manometrenin kollarında bulunan akışkan seviyeleri arasındaki toplam fark
ρf	Basıncı ileten akışkanın yoğunluğu
ρm	Manometrede kullanılan sıvının yoğunluğu
g	Yer çekim ivmesi
I <sub>p</sub>	Kirletici için indeks
C <sub>p</sub>	Kirleticinin yuvarlak konsantrasyonu
BH <sub>Hi</sub>	C <sub>p</sub> 'e eşit veya daha büyük kesme noktası
BP <sub>Lo</sub>	C <sub>p</sub> 'e eşit veya daha küçük kesme noktası
I <sub>Hi</sub>	BP <sub>Hi</sub> le uyumlu HKI değeri
I <sub>Lo</sub>	BP <sub>Lo</sub> 'le uyumlu HKI değeri
MA	Kirleticinin molekül ağırlığı
T	Ölçülen sıcaklık
P	Ölçülen basınç
A <sub>1</sub>	Eğik manometre kolu kesit alanı
A <sub>2</sub>	Eğik manometredeki kuyunun kesit alanı
N	Eğik koldaki sıvının uzunluğu
μ	Mikron

## Kısaltmalar

PM	Partikül madde
AQI	Hava kalitesi indeksi
HKİ	Hava kalitesi indeksi
UVS	Uzun vadeli sınır değeri
KVS	Kısa vadeli sınır değeri
FTÖA	Filtrede tutulan örnek ağırlık
KA	Kontrol ağırlık
FE	Filtre etkinliği
TTPKA	Tutulan toplam kuru materyal ağırlığı
M	Kullanılan materyal
AÇ	1 m <sup>2</sup> lik alandaki 50 g çimento partikülünün 5 dakika içerisinde temizlenmesi deneyi
BÇ	1 m <sup>2</sup> lik alandaki 50 g çimento partikülünün 10 dakika içerisinde temizlenmesi deneyi
CÇ	50 g çimento partikülünün direk filtre girişinde 5 dakika içerisinde verilmesi deneyi
AB	1 m <sup>2</sup> lik alandaki 50 g bentonit partikülünün 5 dakika içerisinde temizlenmesi deneyi
BB	1 m <sup>2</sup> lik alandaki 50 g bentonit partikülünün 10 dakika içerisinde temizlenmesi deneyi
CB	50 g bentonit partikülünün direk filtre girişinde 5 dakika içerisinde verilmesi deneyi

## 1. GİRİŞ

Hava filtreleri, vakumlu tip elektrikli süpürgelerde, termik motorlarda, büyük toplantı salonlarında, fabrikalarda, okullarda, hastanelerde ve diğer havalandırma tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hava filtrelerin kullanım amacı, hava içerisindeki katı, sıvı veya gaz halindeki partiküllerin ayrılmasını sağlamaktır. Bu işlemin başarısı büyük ölçüde filtrenin ayırma prensibine ve filtre malzemesine bağlıdır. Özellikle havada uzun süre süspansiyon halinde kalan küçük partiküllerin mevcut filtrelerle ayrılması mümkün değildir. Boyutları 0.1 mikrona kadar varan ince tozların havada askıda kalma süresi toz partiküllerinin büyüklüğü ve özgül ağırlığı ile orantılıdır. İnce toz olarak nitelendirilen partikülün çapı ne kadar küçükse havada süspansiyon halinde kalma süresi o kadar artmaktadır. Ortam havasının herhangi bir şekilde hareketi veya sirkülasyonu ince tozların çökme süresini uzatmaktadır. Havada süspansiyon halinde ince toz bulunması hiçbir zaman istenmemekle birlikte, insan sağlığı için ciddi tehditler oluşturduğu, günümüz tıp dünyasında da belirtilmektedir. EPA (Environmental Protection Agency), tarafından yapılan çalışmalarda insanların kapalı alanlarda açık alanlara oranla 2-5 kat daha fazla zararlı bileşiklere maruz kaldığı gösterilmiştir. Bu kirleticiler sağlığımızı olumsuz yönde etkilemekte ve hatta ölümlere sebep olabilmektedir. Kapalı ortam kirleticilerinden olan partikül madde, katı ve sıvı damlaların karışımından oluşmaktadır. Partikül madde boyutları geniş bir aralığa yayılır. Sağlık açısından zararlı olan partikül madde boyutları 2.5 µm ila 10 µm arasında değişen partiküllerdir. Sağlık açısından boyutu 10 µm'dan küçük olan partiküller önemlidir. Partikül madde çapı küçüldükçe sağlık üzerindeki olumsuz etkisi de o kadar artmaktadır. Bu tür partikül maddeler akciğere kadar ulaşır sağlık açısından ciddi sorunlar yaşatabilir. Uzun süreli partikül madde kirliliğine maruz kalındığında akciğerde partikül birikmesi sonucu sağlık problemleri görülmektedir. Kapalı ortamlardaki bir diğer kirletici ise, solunabilir mikroorganizmalardır. Boyutları 0.3 mm' ye kadar varabilen mikroorganizmalar, kalp ve solunum hastalıklarına neden olmakta, sağlık açısından ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Kapalı ortamlardaki bu zararlılardan korunmak için yapılan en ciddi çalışma ortam temizliğine yönelik olmuştur.

Kapalı ortamlardaki partikül madde ve mikroorganizmaları temizlenmenin en etkin yolu klima ve vakumlu tip elektrikli süpürgeler ile sağlanmıştır. Klimalar ile ortam havasında süspansiyon halinde bulunan zararlılar, elektrikli süpürge ve çeşitli temizleme yöntemleri ile de ortama çökmüş zararlılar temizlenmektedir. Günümüzde kapalı ortamların temizliğinde kullanılan vakumlu tip elektrikli süpürgelerdeki filtrasyon sistemleri insan sağlığı üzerinde ciddi tehdit oluşturan bu zararlıların havadan ayrılmasında yetersiz kalmakta, özellikle 10 µm ve altındaki zararlılar filtre edilememektedir. Bu yetersizlikten dolayı üretici firmalar tarafından farklı filtrasyon sistemlerine sahip elektrikli süpürge makineleri imal edilmiş olup, piyasaya sürülmüştür. Bunlardan en çok bilinen ve tercih edilenler siklon tipi, kâğıt torbalı ve su içerisinde geçirilerek filtreleme yapan elektrikli süpürge makineleridir. Siklon tipi ve su içerisinde geçirilerek yapılan filtrelemelerde maliyetin yüksek oluşu, kâğıt torbalılarda ise küçük çaptaki zararlıların tutulamaması önemli bir yetersizliktir.

Yapılan bu çalışmada mevcut filtrasyon sistemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda suyun küçük çaptaki partikülleri yakalamadaki üstün özelliğinden ve santrifüj ayırma esasından faydalanarak helezonik tip su yıkamalı bir hava filtresi prototipi tasarlanmıştır. Tasarlanan prototip ünitenin hangi ölçülerde olması gerektiği, çalışma prensibi ve filtre etkinliğinin hangi parametrelere göre hesaplanması gerektiği belirlenerek çalışmalara başlanmıştır.

Bu çalışmalar neticesinde vakumlu elektrikli süpürgelerde kullanılabilecek ölçülerde helezonik tip su yıkamalı bir hava filtresi prototipi imal edilmiştir. İmal edilen prototip iki kısımdan oluşmaktadır. Helezonik tip su yıkamalı hava filtresi prototipi ile yapılan çalışmalarda toz materyali olarak, çimento ve bentonit kullanılmış, sistemin giriş ve çıkış noktalarında vakum düşüşü ölçülmüş, filtrasyon esnasında tutulan partikül miktarı tartılmıştır. Filtrasyon esnasında tutulan partikül miktarı ve meydana gelen vakum düşüşü ölçülerek, sistem etkinliği belirlenmiştir.

### 1.1.Çalışmanın Amacı

Kapalı ortamlardaki solunabilir küçük çaptaki partikül ve mikroorganizmaların insan verimini olumsuz yönde etkilediği, sağlık açısından ciddi tehditler oluşturduğu günümüz tıp dünyasınca da belirtilmektedir.

Kapalı ortam havası, konutlar, endüstriyel olmayan iş yerleri, resmi binalar ( okul, hastane, vb.) içindeki hava olarak kabul edilmektedir. Uzun bir süre kapalı ortam havası, dış ortam hava kirliliği ve uygun olmayan iklim koşulları nedeni ile dış ortamdaki hava daha güvenilir olarak kabul edilmiştir. Ancak 1980' li yıllarda yapılan çalışmalarla kapalı ortam havasının insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri fark edilmiştir. Günümüzde endüstrileşmiş ülkelerde nüfusun % 85' den fazlası kentlere yerleşmiştir. Ülkemizde 2005 yılındaki nüfusun % 64.9' unun kentlerde yaşadığı belirtilmektedir. Kentlerde yaşayan insanlar ise zamanlarının % 90' nından fazlasını kapalı ortamlarda geçirmektedir. Kapalı ortamlarda sağlığımızı tehdit eden vücudumuzda tahribatlara yol açan birçok zararlı bulunmaktadır. 1960' lı yıllardan beri atmosferde bulunan polen ve hayvan tüylerine ek olarak akar böceklerin dışkılarının da üst solunum hastalıklarını tetiklediği, alerjik nezle, egzama, astım v.b. hastalıklara neden olduğu bilinmektedir. İnsan sağlığını olumsuz yönde etkileyen bu zararlılardan korunma önlemleri alınabilir. Gelişmiş ülkelerde bu yönde çok sayıda araştırma yapıp, bu araştırma sonuçlarına göre çeşitli önlemler geliştirilirken, gelişmekte olan ülkelerde halen konunun önemi tam olarak kavranamamıştır. Kentlerde yaşayan insan sayısının her geçen gün artışı ve kentlerde yaşayan insanların zamanlarının büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirdiği günümüzde, kapalı ortam hava kirliliği ve bunun insan sağlığı üzerine etkileri önemli bir sağlık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır (Sosyal, 2007).

Bu çalışmada kapalı ortamların temizlenmesinde etkin bir role sahip olan vakum temizleyicilerinde kullanılan mevcut filtrasyon sistemlerine bir alternatif filtre geliştirilmesi amaçlanmıştır. İnsan sağlığını olumsuz yönde etkileyen kapalı ortamlardaki solunabilir bu zararlıların maksimum seviyede filtre edilip, minimize edilmesi sağlanarak, bu ortamların hava kalitesinin artırılması amaçlanmıştır.

## 1.2.Çalışmanın Önemi

Çağımızda birçok insanın zamanının çoğunu kapalı alanlarda geçirmekte olduğu düşünülürse özellikle kapalı alan hava kalitesinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Kapalı alanlarda etkin bir temizleme sağlanmadığında, havada bazı kirletici ögelerin biriktiği ve insan sağlığını olumsuz etkilediği bilinmektedir.

Kapalı ortamlarda bulunan mikroorganizmalar sağlığımızı doğrudan veya dolaylı bir şekilde etkilemekte, hatta ölümlere dahi neden olmaktadır. Özellikle son yıllarda hastanelerde karşılaşılan çocuk ölümlerinin de mikroorganizmalardan kaynaklandığı ortaya çıkmasıyla, kapalı ortam hava kalitesine verilen önem artmış, ortam havasının kalitesini artırmaya yönelik yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Alerjen olarak adlandırılan bu ortamlardaki mikroorganizmalar, astım, alerjik nezle ve egzama gibi hastalıkları tetiklemektedir. Kapalı ortam havasında süspansiyon bir halde veya ortama çökmüş bir vaziyette bulunan bu zararlılardan korunma ve temizleme amaçlı yapılan en ciddi çalışma ortam havasının ve ortamın temizlenmesine yönelik olmuştur. Ortam havasında süspansiyon bir halde bulunan zararlılar klimalar vasıtasıyla, ortama çökmüş bir vaziyette bulunan zararlılar ise vakumlu tip temizleyiciler ile temizlenmektedir. Günümüzde kullanılan mevcut vakumlu tip temizleyiciler ile ortam temizliğinin tam sağlanamadığı, ayrıca filtrelemede 10 µm ve altındaki zararlıların filtre edilemediği ve ortama havasına tekrar süspansiyon bir halde bırakıldığı da bilinmektedir. Kapalı ortam zararlılarının temizliğine yönelik yapılan en ciddi çalışma vakumlu tip elektrikli süpürgelerde kullanılmak üzere tasarlanmış olan hepa filtrelerdir. Hepa filtrelerinde bu sahadaki güvenilirliği halen tartışılmakta olup, yeterliliği ispatlanamamıştır.

Kapalı ortam temizliğinde etkin bir role sahip olan vakumlu tip elektrikli süpürge makinelerinde kullanılan filtrasyon sistemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda suyun küçük çaptaki partikülleri yakalamadaki üstün özelliğinden ve santrifüj ayırma esasından faydalanarak, helezonik tip su yıkamalı bir hava filtresi prototipi geliştirilmiştir. Geliştirilen prototip filtre ile bu ortamlardaki zararlıların maksimum seviyede tutulup filtre edilmesi hedeflenmiştir.

## 2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

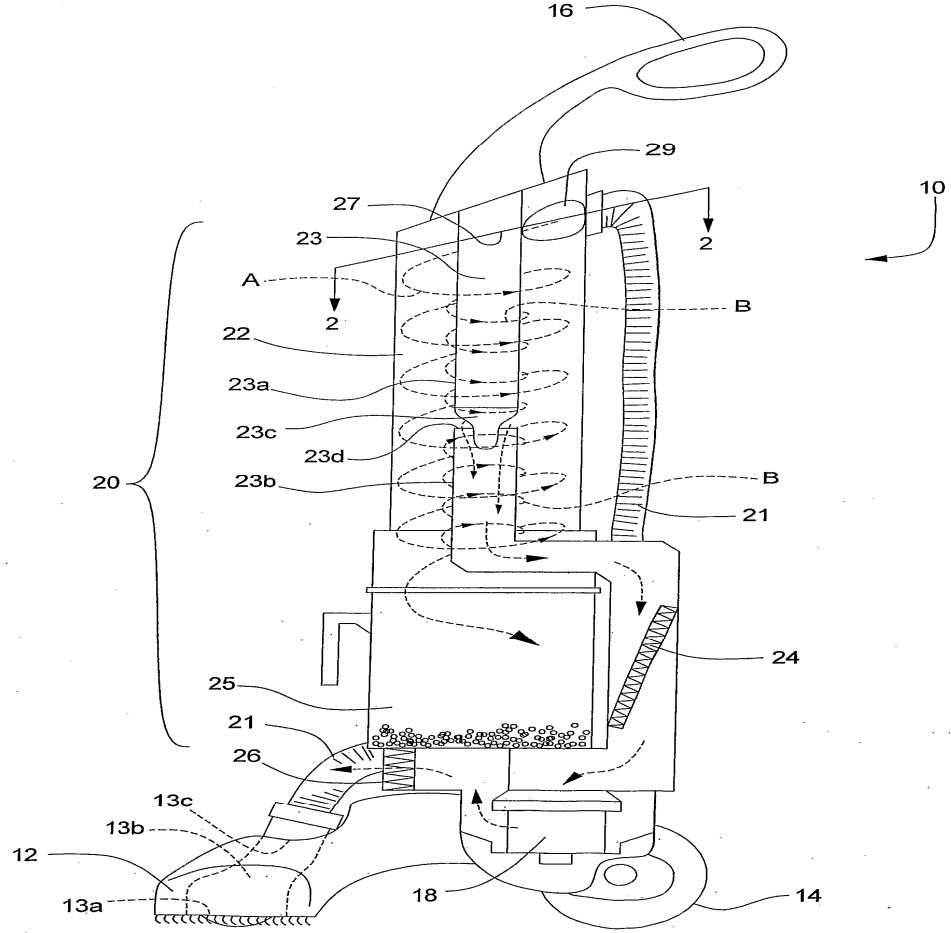
Son yıllarda çevre ve çevreye verilen zararlar konusunda yoğunlaşan ilgi, iç ve dış ortam temizliği konusuna verilen önemin artması ve enerji tasarrufu konusunun önem kazanmaya başlaması filtrelerin geliştirilmesi ve daha yüksek performans değerlerine sahip olması sonucunu getirmiştir ( Ulutepe, 2008).

Vakumlu elektrikli süpürgelerde, kuru toz filtrelerinin ince tozların tutulmasındaki yetersizliği dikkate alınarak, daha etkin ve farklı tiplerde filtre geliştirme çalışmaları yapılmaktadır (Çavuşlar, 2006). Bu çalışmaların bir kısmın da daha çok teknoloji geliştirmede doğrudan ilgisi olan üretici firmalar tarafından yürütülmektedir. Ancak, konuyu bilimsel olarak ele alıp amaca uygun filtre geliştirilmesine ilişkin yeterli ve kapsamlı araştırmalara ulaşılamamıştır. Bilindiği gibi, su ince katı partiküllerin tutulması yönüyle üstün özelliklere sahiptir. Suyun bu özelliği birçok katı madde ile su arasındaki adezyon kuvvetlerinin yüksek olmasından kaynaklanır. Diğer bir ifade ile katı maddelerin çoğu hidrofilyk özelliktedir. Bu nedenle üretici firmalar hava içindeki tozların daha yüksek oranda tutulması için sulu tip filtre geliştirme konusunda çalışmaktadırlar. Ancak bu çalışmalar daha çok ürün geliştirme odaklı olduğundan bilimsel bir çalışmaya dayanmayıp deneme sına yöntemiyle yapılmaktadır.

Çavuşlar (2006) tarafından bildirilen bir çalışmada Stead (2005) 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 etmiştir. Ancak ayırma derecesi ve kullanılabilirliği konusunda detaylı bilgi verilmemiştir.

Konu ile ilgili bir çalışma da filtreli hidrosiklon tasarımı ve temizleme etkinliğinin saptanması konusunda yapılan yüksek lisans tezidir (Çakal, 1997). Bu çalışmada sıvı içerisindeki katı partiküller, siklon adı verilen özel bir mekanik sistemde silindirik gövde iç yüzeyine sürtünerek hızları düşürülüp tabanda çökmeye zorlanmaktadır.

Vakumlu temizleyici sistemlerde, hava ile karışık emilen toz ve diğer katı partiküllerin hava içinden ayrılması amacıyla geliştirilen ve patent alınarak üretimi yapılan bir makinenin şematik yapısı Şekil 2.1’ de verilmiştir.



Şekil 2.1. Düşey helezonik ayırıcılı vakumlu tip elektrikli süpürge'nin şematik yapısı (Anonymous, 2009a).

Şekil 2.1’ de sistem girişinde (13a), vakum etkisi altında emilen hava, emiş hattından (21), filtrenin üst kısmından (29), hazne içerisine dolmaktadır (22). Burada katı partiküller santrifüj etki altında hava içerisinden ayrılarak, toz biriktirme torbasında (25) biriktirmektedirler. Daha sonra hava ikinci bir filtreden (24) geçirilip, çıkış hattından (26) ortama bırakılmaktadır (Anonymous, 2009a).



Sıvı içerisinde katı partikülleri ve hava kabarcıklarını ayırmak için geliştirilen helezonik bir ayırıcı yapısı ve kullanımı incelendiğinde yararlanılan ayırma prensibinin yaptığımız çalışma ile paralellik arz ettiği görülür (Anonymous, 2009b).

Alman firması Karcher tarafından suyun küçük çaptaki partikülleri yakalamadaki üstün özelliğinden faydalanarak, vakumlu tip elektrikli süpürge makinelerinde kullanılmak üzere bir sulu filtre geliştirilmiştir (Anonim, 2008). Geliştirilen bu sulu filtrede, vakum etkisi ile emiş hattından emilen hava, sulu tip filtre den geçirilerek içerisindeki partiküllerden ayrışması sağlanmaktadır. Sulu filtrenin kullanıldığı elektrikli süpürgeye ilişkin teknik bilgiler, motor gücü azami 1400 W, hava debisi 55 l/s, filtre etkinliği % 99 olarak verilmiştir. Ayrıca bu sistemde iki adet sulu filtre ile birlikte, hepa filtre kullanıldığı da belirtilmiştir.

Bir diğer sulu tip toz tutma filtresi de Keramik firması tarafından geliştirilmiştir. Bu filtrede toz tutma işlemi, en yüksek verimi sağlamak amacı ile özel olarak tasarlanan bir venturiden geçirilen yüksek basınçlı suyun otomasyonu ile gerçekleştirildiği belirtilmiştir (Anonim, 2008a).

Hava filtrasyon teknolojisinde dönüm noktası olarak gösterilen aktif elektrostatik filtreler, plakalar arasında oluşturulan yüksek gerilim alanından faydalanarak, aralarından geçen havada bulunan yüklü parçacıkların elektrostatik çekim kuvveti ile plakalar tarafından yakalanması/tutulması prensibi ile çalışır. Bu tür filtrelerin partikül tutma kapasitesi oldukça yüksektir. Ancak, yüksek performansa sahip olmalarına karşın, bu tür filtrelerin montaj ve işletme maliyetleri oldukça yüksektir ve küçük çaplı evsel veya ticari uygulamalar için yüksek maliyetlerinden dolayı tercih edilmemektedirler (Anonim, 2008b).

Konutlarda iç hava kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalarda, oturma odasında bir ay aralıklarla, farklı zamanlarda odanın birkaç noktasında soluma yüksekliğinde alınan belirli miktarlardaki hava numunelerinde partikül madde miktarı,

25.01.2007 19:00 ..... 138  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

25.02.2007 22:35 ..... 62.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

25.03.2007 20:00 ..... 168  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

olarak ölçülmüştür. Yapılan bu çalışmada ölçülen partikül maddelerin boyutlarına göre sınıflandırıldığı ve boyutların 1–10  $\mu\text{m}$  arasında değiştiği belirtilmiştir (Bulut, 2007).

## 2.1. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği

1980' li yıllarda iç ortam hava kalitesine verilen önem artıkça, ilgili bakanlık tarafından bu yönetmenlik 2 Kasım 1986 tarih ve 19269 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmenliğin 2. maddesinde amacına vurgu yapılarak (Madde 2- Her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak, insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak, hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır), hava kalitesinin önemine değinilmiştir. İs, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki kimyasal maddeler havanın tabii bileşimini değiştirdiği için hava kirleticileri olarak, insan ve çevresi üzerine etki eden hava kirliliğinin göstergesi olan, çevre havasında mevcut hava kirleticilerin artan miktarıyla azalan kaliteleri, hava kalitesi olarak tanımlanır.

Temiz hava yönetmeliğinin 6. maddesinde, insan sağlığının korunması, çevrede, kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerin, bir arada bulduklarında, değişen zararlı etkileri de göz önüne alınarak tespit edilmiş konsantrasyon birimleriyle ifade edilen seviyelerine hava kalitesi sınır değerleri denir. Bu değerler uzun ve kısa vadeli olmak üzere iki kategoride incelenmektedir.

Uzun Vadeli Sınır Değerleri (UVS)

Aşılmaması gereken, bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerlerdir.

Kısa Vadeli Sınır Değerleri (KVS)

Maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının % 95'ini aşmaması gereken değerlerdir. Çöken tozlar için farklı olarak aşılmaması gereken maksimum aylık ortalama değerdir. Partikül madde hava kirleticileri için uyulması gereken uzun ve kısa vadeli sınır değerler Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Partikül Madde Hava Kirleticileri İçin Uyulması Gereken Uzun Ve Kısa Vadeli Sınır Değerler ( Anonim, 2008c).

Genel	Birim	UVS	KVS
Havada asılı partikül maddeler (PM) (10 mikron ve daha küçük partiküller)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	150	300
PM içinde kurşun (Pb) ve bileşikleri	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2	-
PM içinde kadmiyum (Cd) ve bileşikleri	( $\text{mg}/\text{m}^2\text{gün}$ )	0.04	-
Çöken tozlar (10 mikrondan büyük partiküller dâhil)	( $\text{mg}/\text{m}^2\text{gün}$ )	350	650
Çöken tozlarda kurşun ve bileşikleri	( $\text{mg}/\text{m}^2\text{gün}$ )	500	-
Çöken tozlarda kadmiyum ve bileşikleri	( $\text{mg}/\text{m}^2\text{gün}$ )	7.5	-
Çöken tozlarda talyum (Tl) ve bileşikleri	( $\text{mg}/\text{m}^2\text{gün}$ )	10	-

İlgili yönetmeliğin aynı maddesinde endüstri bölgeleri içinde partikül madde ve diğer çeşitli kirleticilerin uzun ve kısa vadeli sınır değerleri verilmiş olup çalışmalarda bu değerlere ihtiyaç duyulmadığı için verilere dâhil edilmemiştir.

Yaşamımızın temel kaynağı olan hava, kalitesi açısından hayati önem arz etmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar neticesinde yetişkin bir insanın günde yaklaşık olarak 15 kg havaya ihtiyacı olduğunun tespiti sonucu, hava kalitesinin önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Hava kalitesi, sağlığımızı doğrudan veya dolaylı olarak etkilemekte, yaşam kalitemizi belirlemektedir. Yaşam kalitemizi direk olarak etkileyen hava kalitesi yetkili kurumlar tarafından sürekli olarak ölçülmeli, hava kalitesi indeksi analizi yapılarak, elde edilen veriler kamuoyu ile paylaşılmalıdır. Endüstriyel ve diğer problemleri sürekli olarak denetlenmeli, faaliyetlerinin yönetmenlik çerçevesinde belirtilen şartlara uygunluğu sağlanmalıdır.

Günlük hava kalitesini yorumlamak için kullanılan hava kalitesi indeksi, bizlere soluduğumuz hava hakkında bilgi verir. Atmosferde bulunan Karbon monoksit (CO), Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), Azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ve partikül maddeler için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bu beş temel kirleticinin her biri için hava kalitesi indeksi değeri geliştirilmiş olup hesaplamalarda bu değerlerden faydalanılmaktadır.

### 2.1.1.Konsantrasyonların hesaplanmasında birim dönüşümü

Hava kirletici konsantrasyonu, ppm, ppb, mg/m<sup>3</sup>, µg/m<sup>3</sup> olarak ifade edilmektedir. Burada ppm, milyonda bir birim, ppb, milyarda bir birim demektir.

ppm'in µg/m<sup>3</sup>'e dönüşümü;

$$\mu g / m^3 = \frac{ppm \times MA \times 10^3}{62.36 \times (T / P)} \quad (2.1)$$

denklemleri ile sağlanır.

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 ( $^{\circ}\text{K}$ ), (genel olarak 273 $^{\circ}\text{K}$  alınır),

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

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

$$\mu\text{g} / \text{m}^3 = 1967xppm ,$$

$$\mu\text{g} / \text{m}^3 = 1165xppm ,$$

$$\mu\text{g} / \text{m}^3 = 2663xppm ,$$

$$\mu\text{g} / \text{m}^3 = 1913xppm ,$$

şeklinde hesaplanır (Öztürk, 2005).

### Örnek

Bir yerleşim merkezinde 24 saatlik kükürt dioksit konsantrasyonu 0.095 ppm olarak ölçülmüştür.

Buna göre, ppm değerini  $\mu\text{g} / \text{m}^3$  olarak çözümü,

$$\mu\text{g} / \text{m}^3 = 2663xppm \text{ denklemini kullanarak,}$$

$$\mu\text{g} / \text{m}^3 = 2663x0.095=253 \mu\text{g} / \text{m}^3$$

olarak bulunur.

### 2.1.2.Hava kalitesi indeksinin hesaplanması

Hava kalitesi indeksi, hava kalitesinin ölçüldüğü yerlerde, havanın kalite olarak iyi, orta, sağlıksız, kötü veya zararlı olduğu hakkında bilgi verir. Hava kalitesi indeksi, farklı hava kalitesi ile birlikte genel halk sağlığı üzerine etkisini, hava kirliliği seviyesini, sağlıksız seviyeye yükseldiğinde alınması gereken tedbirleri de belirler. Hava kalitesi indeksi, sağlığımızı hava kirliliğinden nasıl koruyacağımız konusunda bizlere yardımcı olur.

EPA (Environmental Protection Agency), tarafından geliştirilen standart formül kullanılarak, ölçülen hava kirleticisi değerleri hava kalitesi indeksi değerlerine dönüştürülür. Hava kalitesi indeksi, standart formül kullanılarak, her bir kirletici için ayrı ayrı olarak hesaplanır. Hesaplamalar sonucu elde edilen en yüksek indeks değerine sahip kirletici o günün kirleticisi olarak kabul edilir. Hava kalitesi indeksi, kirletici konsantrasyonu verileri, Ek 1' deki kesme noktaları ve aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo} \quad (2.2)$$

Burada,

- $I_p$  : Kirletici için indeks,
- $C_p$  : Kirleticinin yuvarlak konsantrasyonu,
- $BP_{Hi}$  :  $C_p$ 'e eşit veya daha büyük kesme noktası,
- $BP_{Lo}$  :  $C_p$ 'e eşit veya daha küçük kesme noktası,
- $I_{Hi}$  :  $BP_{Hi}$ ' le uyumlu HKI' i değeri,
- $I_{Lo}$  :  $BP_{Lo}$ ' le uyumlu HKI' i değeri,

dir.

### 2.1.3.Hava kalitesi indeksi ile sağlık arasındaki ilişki

Havadaki partikül madde (PM) kirliliği, havada bulunan katı partiküllerin ve sıvı damlacıkların karışımından oluşmaktadır. Partikül madde boyutları geniş bir aralığa yayılır. Akciğerlerimize kadar girebilen çok küçük partikül maddeler 10 µm' nun altındaki partikül maddelerdir ve solunum sisteminde birikerek ciddi sağlık problemlerine yol açmaktadırlar (1 µm = 0.001 mm). 2.5 µm' dan daha küçük partikül maddeler “ince partikül” olarak adlandırılır. Bu partikül maddeler o kadar ufaktır ki sadece elektron mikroskoplar ile görülebilir. İnce partikül madde kaynakları, motorlu taşıtlar, elektrik santralleri, yakacak odun kullanımı, orman yangınları, tarımsal yangınlar ve endüstriyel proseslerdir. Kaba toz partikül maddeleri, 2.5-10 µm aralığındaki partiküllerdir. Kaba partikül madde kaynakları, kırma, öğütme işlemleri sonucu ortaya çıkan ve yollardan kalkan tozlardır. Sağlık açısından ciddi problem oluşturan bu partiküller kalp ve solunum hastalıklarından kaynaklı ölümler ile bağdaştırılmıştır. Partikül madde kirliliği için kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar, yaşlı yetişkinler (teşhisi konulmamış kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar) ve çocuklar hassas gruplardır.

Kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar (kalp yetersizliği, kalp ile ilgili damar hastalıkları, astım veya Koah - Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı) ve yaşlı yetişkinler için partikül madde kirliliği (hava kirliliği), ciddi tehditler oluşturarak, kalp ritim bozukluğu, kalp krizi v.b. sağlık sorunları yaşatabilmektedir. Solunum rahatsızlıkları bulunanlar (astım gibi), bu partiküllere maruz kalırlarsa normalde nefes aldıkları gibi derin nefes alamayabilir, öksürebilir ve nefes darlığı çekebilirler. Partikül madde kirliliği, solunum yolu enfeksiyonlarına hassasiyeti arttırabilir, astım, kronik bronşit gibi mevcut solunum hastalıklarını kötüleştirebilir, ciddi sağlık sorunları yaşatabilir. Çizelge 2.2' de Partikül madde ile ilgili HKİ için kirletici- spesifik uyarı açıklamaları ve kirletici-spesifik sağlık etkileri açıklaması verilmiştir.

Çizelge 2.2. Partikül Madde ile ilgili HKİ için Kirletici- Spesifik Uyarı Açıklamaları ve Kirletici-Spesifik Sağlık Etkileri Açıklaması (Öztürk, 2005).

İndeks* Değeri	Halk Sağlığı ile 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 azaltmalılar.	Solunum sistemi semptomlarında artma ihtimali ve akciğer hastalığı olanlarda, kötüleşme.



Çizelge 2.2. Partikül Madde ile ilgili HKİ için Kirletici- Spesifik Uyarı Açıklamaları ve Kirletici-Spesifik Sağlık Etkileri Açıklaması (Devamı).

İndeks* Değeri	Halk Sağlığı ile İlgili Seviye	HKİ için Kirletici- Spesifik Uyarı Açıklamaları	HKİ için Kirletici- Spesifik Sağlık Etkileri Açıklaması
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 önemli artışlar ve akciğer hastalığı olan kişilerde, 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, kötüleşme.

Şekil 2.2’de hava kalitesi indeksinde, kirletici indeks değeri, gün içerisindeki kirletici, halk sağlığı ile ilgili seviye ve hava kalitesi indeksi için kirletici-spesifik uyarı açıklamaları gözükmemektedir.



Şekil 2.2. Hava Kalitesi İndeksi ( Anonim, 2008d).

Hava Kalitesi İndeksinde, her bir kirletici için ayrı ayrı verilen değerler kullanılarak yaşadığımız bölge havasının ne kadar temiz veya kirli olduğu ve ne tür sağlık sorunlarının yaşanabileceği ile ilgili veriler elde edilebilir. Hava kalitesi indeksi havanın kirli olması durumunda sağlığımızı nasıl korumamız gerektiği hakkında da bizleri bilgilendirir (Anonim, 2007).

Atmosferde gaz halinde bulunan kirleticiler, partikül madde ve mikroorganizmalar zamanla kapalı ortamlara nüfus etmekte, bu ortamlarda birikmektedirler. Ortam havasında birikerek hava kirliliğine neden olan bu zararlılar, insan verimini olumsuz yönde etkilemekte, sağlık açısından ciddi sorunlar oluşturabilmektedir.

## 2.2.Partikül Madde Ölçümünde Kullanılan Aletler ve Ölçüm Yöntemleri

Havadaki toz konsantrasyonunu ölçmek için çeşitli aletler ve ölçüm yöntemleri vardır. Bunlardan yaygın olarak kullanılan aletler ve uygulanan yöntemler aşağıda verilmiştir. Çalışmalarımızda filtrasyon sonucu tutulan partikül madde miktarını belirlemede, tekrarlı ölçümler yapılarak gravimetrik yöntem uygulanmıştır.

### 2.2.1.Partikül madde ölçümünde kullanılan aletler

- Gravimetre,
- Koni metre,
- Tindalo metre,
- Filtreli aletler,
- Isısal çökeltici,
- Elektrostatik presipitatör,
- Radyasyon detektörü,
- Yüzeysel toz ölçüm cihazları (Toz Kovaları).

Partikül madde ölçümünde kullanılan bu aletler iki temel ilke ile çalışır,

- **Tartım:** Belirli bir hava miktarındaki toplam toz ayrılarak tartılır ve  $\text{mg}/\text{cm}^3$  olarak hesaplanır. İri tanelerin etkisi önemlidir ve büyük hatalar doğabilir. Bu durumu önlemek için daha başlangıçta 5 mikrondan büyük taneler ayrılır ve tartım yapılır.
- **Sayma:** Bir cam levha üzerine toplanan toz ayrılır ve 5 mikrondan küçük olanlar sayılarak  $\text{tane}/\text{cm}^3$  cinsinden hesaplanır (Anonim, 2008e).

## 2.2.2.Partikül madde ölçüm yöntemleri

- Gravimetrik Yöntem,
- Radyometri /  $\beta$  ışını absorpsiyonu,
- Piezoelektrik terazi yöntemi,
- Nefhelometri / ışık kırınımı,
- Reflektometri / siyah duman.

### 2.2.2.1.Gravimetrik numune alıcı

Bu cihaz sekiz saat devamlı numune alabilme özelliğine sahiptir. Akü ile enerji sağlanan bir motorun çalıştırdığı küçük bir pompa dakikada 2,5 litre hava emer. Hava numune alıcı cihazın girişindeki kanallardan geçerken, daha cihazın diğer ucundaki cam elyafından yapılmış filtreye varmadan önce, içerisindeki altı mikrondan büyük toz tanecikleri kanalların dibine çökerek ayrılır ve altı mikrondan küçük olanlar filtre üzerinde toplanır. Daha önce boş olarak tartısı yapılan filtre numune alma işlemi bittikten sonra tekrar tartılır. Aradaki farktan veya cihaz tarafından daha önce kaydedilmiş bulunan hava miktarından, havadaki toz konsantrasyonu  $\text{mg/m}^3$  olarak hesaplanır.

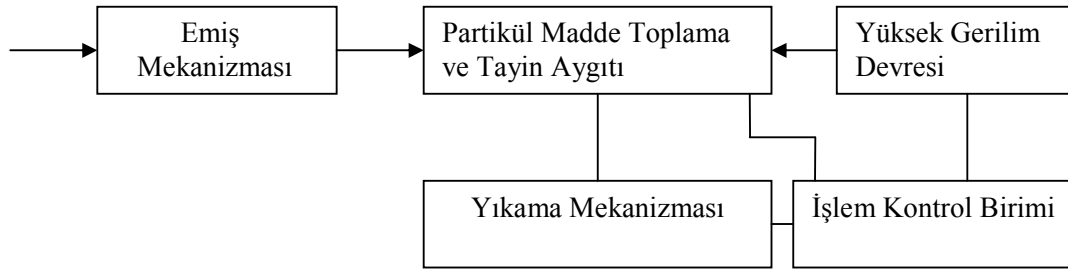
### 2.2.2.2.Radyometri / $\beta$ ışını absorpsiyonu

Partikül Maddenin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Beta ışını absorpsiyonunun ölçüm cihazı, beta ışınlarının absorpsiyonunun maddenin kütlesiyle orantılı olarak artması prensibini esas alarak çalışır. Bu prensibi esas alan monitörler, beta-partikül attenuation monitors (BAM), olarak adlandırılır. Partikül madde bir filtre kâğıdı üzerinde toplanır ve üzerine  $\beta$  ışınları gönderilir. Absorblanan beta ışını, toplanan partikül madde miktarı ile orantılı olarak artar. Işın düşük enerji seviyelerinde ışınlanır ve ışınların bir kısmı absorblanır, bir kısmı ise yansır.

Filtre kağıdı üzerinde toplanan partikül maddelerin beta ışınları tarafından ışınlanmasıyla, toplanan partikül madde miktarı tayin edilir. Birim kütle başına  $\beta$  ışını absorpsiyonu, mevcut numunedeki atomik oranına ve elementlerin kütle numarasına bağlıdır. Bu oran, bütün elementler (H ve Pb hariç) için daima sabittir (0.44-0.53 arası). Zira  $\beta$  ışını absorpsiyonu tekniği, toplanan partiküllerin kimyasal yapısına çok az bağlıdır.

### 2.2.2.3. Piezoelektrik terazi yöntemi

Partikül maddenin bir quartz kristali üzerine etkisi ile gelen ağırlık miktarı tespit edilir. Bu metodun avantajı çok hassas ölçümler yapılabilmesidir. Piezoelektrik terazi sistemi, tek parça emme mekanizması, partikül maddenin toplama ve tayin aygıtı, yıkama mekanizması, yüksek gerilim devresi, işlem kontrol birimi vb.den oluşur. Şekil 2.3' de piezoelektrik terazi ölçme yöntemi şeması verilmiştir.



Şekil 2.3. Piezoelektrik terazi ölçme yöntemi şeması.

#### **2.2.2.4.Nefhelometri / ışık kırınımı**

Genel olarak çevre havası aerosollarının 0.1  $\mu\text{m}$  ile 3  $\mu\text{m}$  ( $\sim \text{PM}_{2.5}$ ), aralığındaki ölçümü için, toplam ışık kırınımı yöntemi kullanılır. Bu yöntem, absorbe olmayan beyaz partiküllerin, özellikle ikincil aerosollar (sülfat + nitrat + amonyum), için üstün bir yöntemdir. Kırılan ışığın, gravimetrik kütle konsantrasyonlarına dönüştürülmesinde, siyah duman yönteminde olduğu gibi aynı mahzurlar vardır. Nisbi nemin % 70 veya daha fazla olması halinde, partikül madde boyutları büyüyecek ve sonuçların hatalı çıkmasına sebep olacaktır. Bundan dolayı, nisbi nemin yüksek olması durumunda, tahmin edilenden değerlerden, önemli derecede büyük değerler gözlenmiştir. Çoğu cihazda bu problem, dâhili bir ısıtıcı kullanılarak çözülmüştür. Bu yöntem, kütle ölçümü için uygun olmamasına rağmen görüş mesafesinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda önemli uygulamaları bulunmaktadır.

#### **2.2.2.5.Reflektometri / siyah duman**

Partikül madde yüklü filtrelerin gözlenen koyuluğu, çevre havası aerosolunun toplam grafitik karbon içeriğinin ölçümü olarak yorumlanır. Siyah duman yöntemi, sadece evsel ısınma amacıyla kömür yakılan durumlarda, kömürün tam yanmaması sonucu oluşan karbon partikül madde miktarını belirlemek için anlamlıdır. Siyah duman yöntemi, düşük maliyeti ve karmaşık olmayan işletim koşulları nedeniyle halen kullanılmaktadır. Bu nedenle, siyah duman ölçümleri ile çok geniş bir epidemiyolojik veri seti oluşturulmuştur. Siyah duman ölçümünün, uygun bir gravimetrik yöntem ile değiştirilmesi düşünüldüğünde, veri setinin devamlılığında emin olmak için seçilen yeni kütle ölçüm yöntemi ile en az bir yıl paralel olarak çalışmaya devam edilmelidir (Ünal ve arkadaşları, 2008).

### 2.3.Alerjenler

Duyarlı bir organizma tarafından yenildiği, solunduğu ya da dokunulduğu takdirde, alerjik tepkimelere neden olan canlı veya cansız tüm maddelere alerjen denir. Dünyada en sık rastlanan hastalıklar arasında 6. sıraya yükselen, gün geçtikçe türleri artmakta olan alerjenler beş ana grupta incelenir (Anonim, 2008f).

Bunlar;

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,

şeklinde sıralanabilir.

Genellikle protein yapısında olan maddelerden oluşan alerjenlerin, kaynakları çok çeşitlidir. En sık alerjik hastalıklara yol açan alerjenler çevresel alerjenlerdir. Bunlar da buldukları ortama göre ev içi ve ev dışı olarak ikiye ayrılır. En sık rastlanan ev içi çevresel alerjenler, solunumsal alerjenler olarak bilinen ev tozu akarı alerjenleridir. En sık rastlanan ev dışı çevresel alerjenleri ise polenlerdir.

#### 2.3.1.Solunumsal alerjenler

**Ev tozları:** Ev içerisindeki tozlarının miktarı evin yerine, bulunduğu yerin iklimine, deniz seviyesinden yüksekliğine göre büyük oranda değişiklik gösterir. Evden eve veya bir evin farklı odalarında da değişiklik gösterebilir.

Ancak değişmeyen bir gerçek vardır ki oda ev tozlarının bir alerjen deposu olmasıdır. Ev tozları içinde alerjiye sebep olan etken mite (akar) denilen mikroorganizmalardır.

**Mite (Akar) ler:** Miteler küçük örümcek benzeri canlılardır ve gözle görülemezler. Ortalama 0.3 mm. uzunluğundadırlar. Ev tozları içinde yaşayan ve solunum yolu alerjilerine neden olan iki önemli türü vardır. *Dermatophagoides pteronyssinus* ve *Dermatophagoides farinae* bunların latince adlarıdır. Akarlar insanların deri döküntüleri ile beslenirler. Başlıca yatak içinde (yastıklar, yatak, yorgan vs.) yaşarlar, çünkü deri döküntülerinin en çok bulunduğu yer buralarıdır. Akarların dışkıları da alerjiktir. Yataklardan alınan bir gram tozda 2000 ile 15000 arasında akar bulunabilir. Şekil 2.4’ te bazı türleri verilen akarlar öylesine küçüktür ki uzun süre havada asılı kalabilir ve böylece alınan solukla burundan akciğerlere taşınıp burada saman nezlesi ve astım semptomlarına yol açabilir. Ciltle doğrudan temas ettiklerinde ise egzamaya yol açarlar (Anonim, 2007a).



Şekil 2.4. Mite (akar) ler (Anonim, 2008g).

Ev tozu mitelerinde (akarlardan), korunma için bilinen en etkili yöntem vakumlu temizleyiciler ile yapılan temizliktir. Vakumlu temizleyiciler ile yapılan temizlikte küçük çaptaki (10 µm ve altındaki) partikül madde ve mikroorganizmalar filtre edilememekte, ortama tekrar süspansiyon halinde bırakılmaktadır. Günümüzde bu sistemlerde kullanılan filtreler, bu sahadaki yeterliliğini ispatlayamamıştır. Bu yöndeki çalışmalar sürdürülmekte olup, gelişmeler sağlık dünyası tarafından yakından takip edilmektedir.

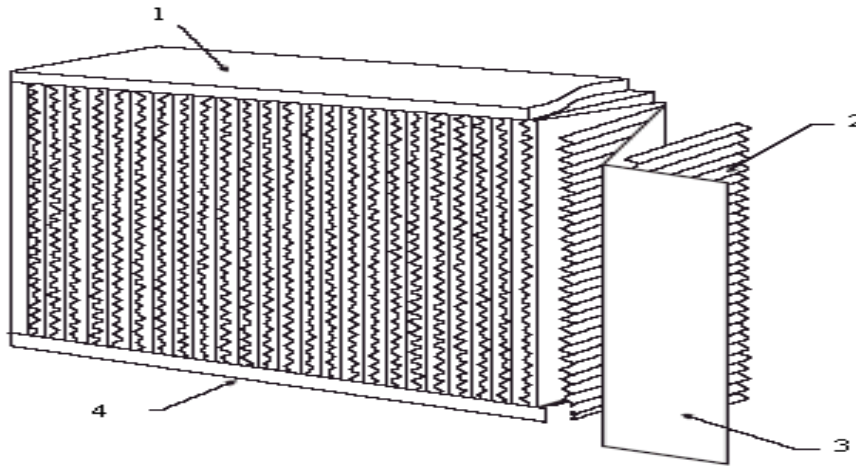


## 2.4.Vakumlu Tip Elektrikli Süpürgelerde Kullanılan Filtreler

Kapalı ortam temizliğinde önemli bir role sahip olan vakumlu tip elektrikli süpürgelerde birçok filtre tipi kullanılmaktadır. Bunlarda filtre etkinliği en yüksek olarak bilinen hepa filtrelerdir. Ancak bu filtrelerdeki kullanım zorlukları ve maliyetlerinin yüksek oluşu sektörü yeni arayışlara yönlendirmiştir.

### 2.4.1.Hepa (High Efficiency Particulate Arresting) filtre

0.3 mikrona kadar havada bulunan partikül maddeleri havadan arındırabilen hepa filtreler, genellikle enfeksiyon kapma riskinin çok yüksek olduğu yerler ve nadiren elektrikli süpürgelerde tercih edilirler. Bir ön filtreleme sistemi ile birlikte kullanılan hepa filtrelerin, en büyük dezavantajı çok kolay hasar görebilmeleridir. Ayrıca maliyetinin yüksek oluşu, temizleme imkânının olmaması ve montaj esnasında karşılaşılan zorluklarda bu filtrenin dezavantajları içerisinde. Şekil 2.5’ te hepa filtrenin kesit görünüşü verilmiştir.



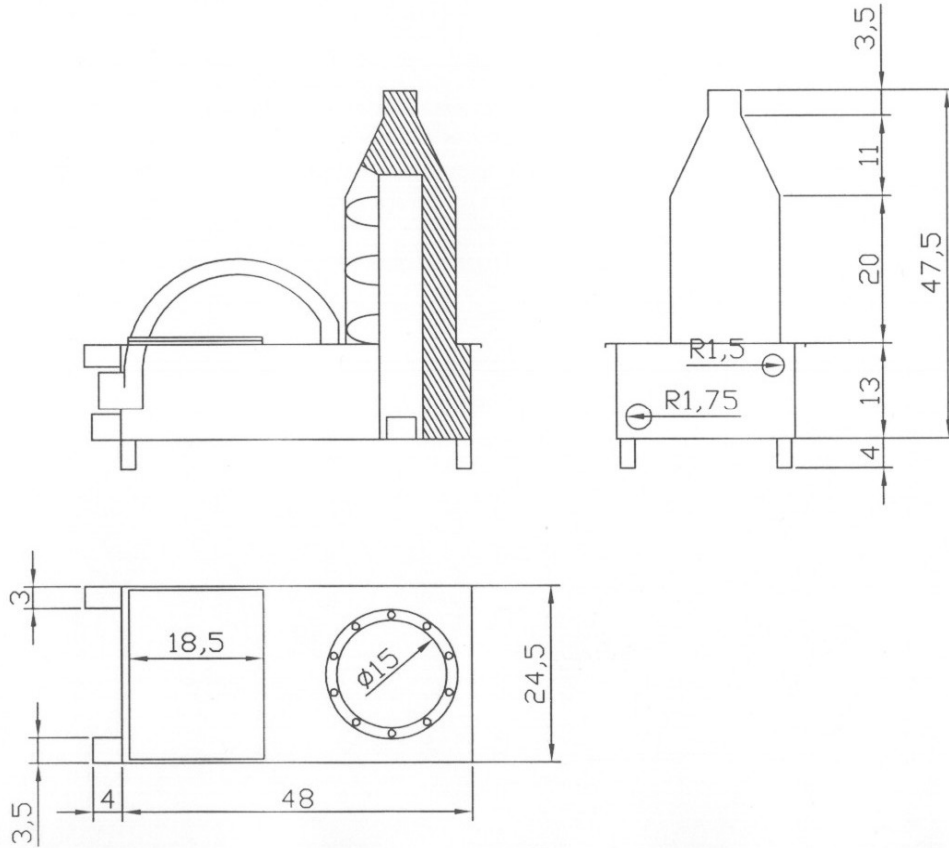
Şekil 2.5. Hepa filtre kesit resmi (Anonymous, 2009c)., 1.Dış hazne, 2.Seperatör, 3.Aralıksız düz filtre tabakası, 4. Conta

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Prototip helezonik tip su yıkamalı hava filtresi

Vakumlu elektrikli süpürgelerde kullanılabilir ölçülerde helezonik tip su yıkamalı bir hava filtresi prototipi imal edilmiştir. İmal edilen prototip iki kısımdan oluşmakta, birinci kısım dikdörtgen bir kutu şeklinde saçtan yapılmış, iç ve dış yüzeyleri boya ile yalıtılmış, üst bölümünün bir kısmı 18.5x24x1 cm ölçülerinde seyyar cam kapakla kapatılmış ve yüksek vakum direncine dayanıklıdır. İkinci kısım ise düşey olarak konumlandırılmış su yıkamalı helezonik hazneden oluşmaktadır. Şekil 3.1’ de deney düzeneğinin teknik resmi verilmiştir.



Şekil 3.1. Deney düzeneği teknik resmi.

Helezon hazne, sa ancak içerisindeki filtrasyon işlemlerini gözlemlemek amacı ile dış kısımları Şeffaf plastik örtü ile kaplanmıştır. Helezon hazne içerisinde beş adet helezonik halka ve bu halkaların hemen altında suyun taşınması ve basınç ile püskürtülmesi için basınç hattından oluşmaktadır. Geliştirilen su yıkamalı helezonik filtrede helezon merkezinden dışa doğru basınç altında püskürtülen su silindirik yapıdaki pet i cidarlarında sürekli yukarıdan aşağıya doğru yıkanan bir tabaka oluşurmaktadır. Vakum etkisi altında filtrenin st kısmında emilen hava helezonik hazne içerisinden geçerken santrifüj tkisi altında kalır. Bu sırada hava içerisindeki katı partiküller pet gövdenin i cidarlarına temas ederek su tarafından tutulup yıkanmaktadır. Böylece hava içerisindeki toz tanecikleri ayrılarak su içerisinde tutulmaktadır.

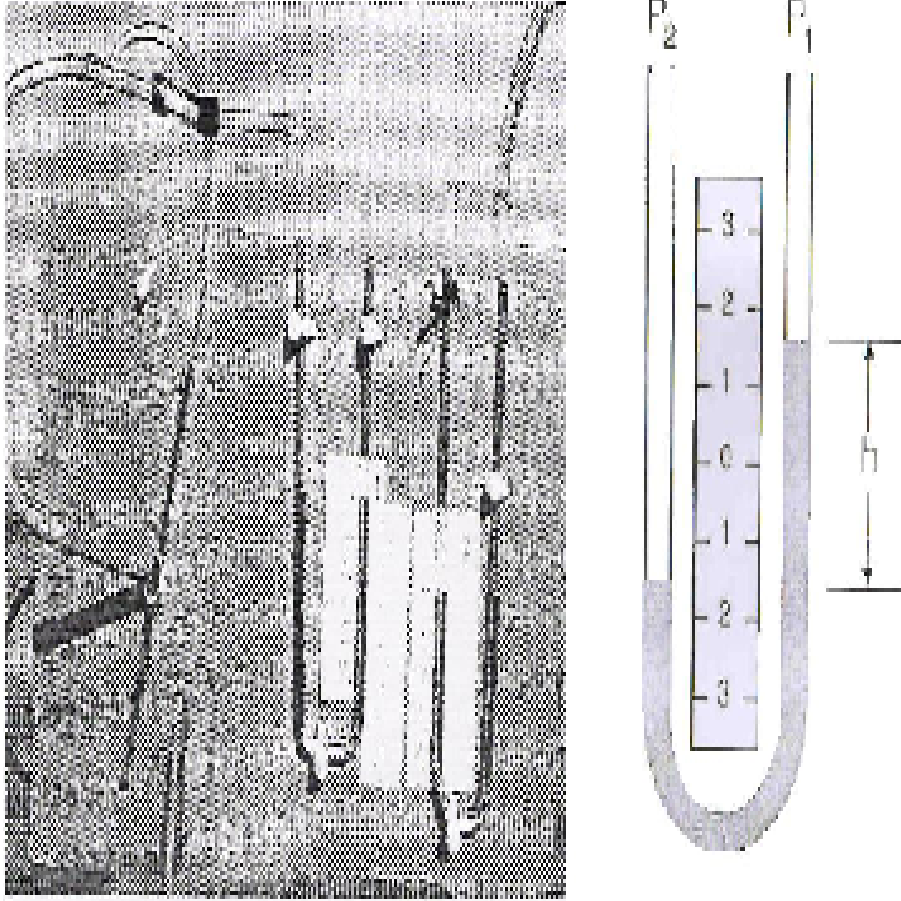
Şekil 3.2’ de nden fotoğrafı çekilmiş deney düzeneği görülmektedir. Resimde helezonik hazne içerisindeki kırmızı hortum basınç hattını göstermektedir.



Şekil 3.2. Deney düzeneği resmi nden görünüşü.

### 3.1.2.Vakum ölçüm düzeneği

Ölçüm düzeneği U şeklinde kıvrılmış, cam veya plastik gibi şeffaf bir boru içine kollarında belirli seviyelerde akışkan bulunan bu iki kolu arasındaki basınç farklılığından faydalanarak sıvının basıncını veya ortamın basıncını ölçen cihazlardır. Şekil 3.3' te vakum ölçüm düzeneği resmi ve teknik çizimi ile birlikte verilmiştir. Bu manometrenin iki koluna farklı  $P_1$  ve  $P_2$  basınçları uygulanacak olursa, manometre kollarındaki sıvı yükseklikleri farklı seviyelerde dengede kalır.



Şekil 3.3. Vakum ölçüm düzeneği ve teknik resmi.

Şekil 3.3' te verilmiş olan U manometresindeki basınç,

$$P_1 + gh \cdot \rho_m = P_2 + gh \cdot \rho_f, \quad (3.1)$$

İki kol arasındaki basınç farkı ise,

$$P_2 - P_1 = hg (\rho_m - \rho_f), \quad (3.2)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Burada;

$P_1$ : Manometrenin ikinci koluna uygulanan basınç,

$P_2$ : Manometrenin birinci koluna uygulanan basınç ( $P_1 \neq P_2$ ),

$h$  : Manometrenin kollarında bulunan akışkan seviyeleri arasındaki fark,

$\rho_f$ : Basıncı ileten akışkanın yoğunluğu,

$\rho_m$ : Manometrede kullanılan sıvının yoğunluğu,

$g$  : Yer çekim ivmesi,

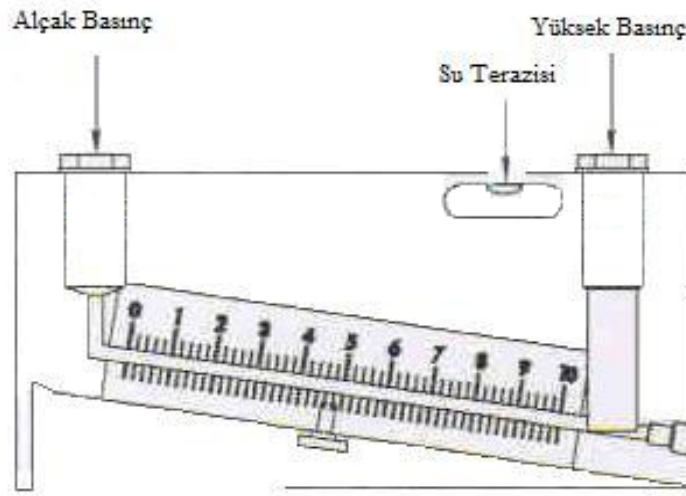
dir.

Manometrelerde çoğunlukla kullanılan saf su ve cıva gibi akışkanların yoğunlukları, %0.005 hassasiyetle bulunabilir. Bu da manometrede kullanılan sıvının ölçme hatası üzerindeki etkisinin çok küçük olduğunu gösterir. Bu nedenle U tipi manometreler ile yüksek hassasiyetlerde ölçüm yapılabilir (Genceli, 2005).

Deneysel çalışmalarda helezonik tip su yıkamalı hava filtresi prototipinde meydana gelen vakum düşümünü tespit etmek amacıyla 6 mm çapında ve cam malzemedен yapılmış, 2 adet U manometre, akışkan materyal olarak ise cıva (mmHg) kullanılmıştır.

### 3.1.3.Eğik manometreler

Kuyu tipi manometrelerin ölçme kolları eğimli hale getirilerek, özellikle küçük basınçların hassas biçimde ölçülmesi sağlanabilir. Bunlarla da ölçme yapılırken sistemdeki yüksek basınç kuyu tarafına, düşük basınç ise kol tarafına bağlanır. Şekil 3.4' te eğik manometre resmi görülmektedir.



Şekil 3.4. Eğik Manometre.

Eğik koldaki sıvının uzunluğu  $n$  ise toplam seviye farkı,

$$H=n(\sin\alpha+A_1/A_2) \quad (3.3)$$

yazılabilir.

Bu eşitlikte  $\alpha$  kolun yatayla yaptığı açığı,  $A_1$  ve  $A_2$  sırasıyla kolun ve kuyunun kesit alanlarıdır. Teknikte ve laboratuarda birçok eğik manometrede, kolun eğimi ayarlanabilir olarak imal edilir. Bu şekilde aynı manometre ile farklı basınçlar değişik hassasiyette ölçülebilir (Anonim, 2007b).

Eğik manometre ile ( U manometresine nazaran) daha hassas ölçümler elde edildiği ve Hg yüksekliğini okumada hata oranı daha az olduğundan çalışmalarda eğik manometre kullanılmıştır. Eğik manometre ile helezonik tip su yıkamalı hava filtresinin giriş ve çıkışında yapılan vakum basınç ölçümü ile filtredeki basınç düşümü tespit edilmiştir.

### 3.1.4.Elektrikli süpürge motoru

Alternatif akım ile çalışan, elektrik enerjisini mekanik enerjiye eviren üniversal tip kolektörlü motorlardır. 400 ile 2000 watt'a kadar imal edilen bu motorlar portatif ve kova tipi elektrik süpürgelerinde ve alçak basınçlı kompresörlerde kullanılır. şekil 3.5' te elektrikli süpürge motoru resmi verilmiştir.

Yüksek devirlere sahip ( $1500-2000 \text{ min}^{-1}$ ) olan bu motorlar daha iyi bir vakumlama sağladığından daha çok elektrikli süpürgelerde tercih edilirler. Yüksek kalkış momentlerine sahip olan bu motorlar üzerine bir mil ile sabitlenmiş pervane ile birlikte süpürge içerisinde gövdeye monte edilmekte. Bu pervane ile emiş ve soğutmayı aynı anda yapmaktadır.



şekil 3.5. Elektrikli Süpürge Motoru.

### 3.1.5.Çimento ve sodyum bentonit

Yapılan literatür araştırmaları neticesinde, deneysel çalışmalarda partikül büyüklükleri ( $\mu\text{m}$ ), havada askıda kalma ve süspansiyon süreleri ile su içerisinde okme ve diğer davranışları göz önünde bulundurularak imento ve sodyum bentonit kullanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan bu materyallerin yapısal özelliklerine aşağıda kısaca değinilmiştir.

#### 3.1.5.1.Çimento

Çimento, ana hammaddeleri Silisyum (Si), Alüminyum (Al), Kalsiyum (Ca), ve Demir oksit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket, vs.), yapıştırmada kullanılan bir bağlayıcıdır. Çimentonun bu bağlayıcı özelliğini yerine getirebilmesi için mutlaka suya ihtiyaç vardır. Çimento, su ile reaksiyona girerek sertleşen bir bağlayıcıdır.

Kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve/veya kum katılarak ğtlp toz haline getirilir. Bu malzeme  $1400-1500\text{ }^\circ\text{C}$ ' de döner fırınlarda pişirilir. Meydana gelen ürüne "klinker" denir. Daha sonra klinkere bir miktar alçı taşı ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ) eklenip (% 4-5) oranında, çok ince toz halinde ğtlp portland imentosu elde edilir. Çizelge 3.1' de portland imento bileşenleri % olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1. Portland imento bileşenleri.

Bileşik Adı	İçindeki Miktar (%)
CaO (Kireç)	63-67
SiO <sub>2</sub> (Silisyum)	20-25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alüminyum)	5-9
MgO (Magnezyum)	0.5-3
SO <sub>3</sub> (Kükürt tri oksit)	1-2.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Demir oksit)	2-4
Diğer Maddeler	0.5-2

Özgül ağırlığı  $3.10\text{ g/cm}^3$  olan portland imento genellikle yüksek dayanımlı beton yapımında kullanılır.



Tane büyüklüğü 1-200  $\mu\text{m}$  arasında değişen portland çimentonun tane büyüklüğünü belirleme amacıyla 90  $\mu\text{m}$ ' luk elek ile yapılan bir deneyde, elek üstünde tutulan maksimum çimento miktarının % 14 oranında olduğu belirtilmiştir.

### 3.1.5.2.Sodyum bentonit

Bentonit esas minerali montmorillonit olan killer için yaygın ve ticari olarak kullanılan bir terim olup en az % 85 montmorillonit içeren yumuşak koloidal özellikli bir alüminyum hidrosilikattır. Çizelge 3.2' de bentonit bileşenleri % olarak verilmiştir.

Sanayimizde birçok sektörde kullanılan sodyum Bentonit, su ile reaksiyonu sonucu hacmi 12-15 kata kadar çıkabilmektedir. Yoğunluğu 2.6  $\text{g}/\text{cm}^3$ , iyonlaşma kapasitesi yüksek ve birkaç farklı ( beyaz, gri, sarı, yeşil ve pembe) renkte üretilmektedirler (İpek oğlu ve arkadaşları, 1997).

Çizelge 3.2. Bentonit bileşenleri (Anonim, 2008h).

Bileşik	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Diğerleri
Miktar (%)	70.75	16.18	0.70	1.25	1.62	0.11	2.12	0.18	6.63

### 3.2.Yöntem

Yapılan deneysel çalışmalarda tasarlanan prototip ünitesi ölçüleri elektrik süpürgesi ölçülerine yakın, filtrasyon işlemlerinde yalnızca su ve iki çeşit toz materyali kullanılmıştır. Deney ünitesinde filtrasyon işlemleri tamamen su ile yapıldığından, ünite paslanma olma ihtimaline karşı boya ile yalıtılmış, sızdırmazlığı sağlanmıştır. Deneysel çalışmalarda filtrasyon işlemlerini gözlemlemek amacıyla ünitenin üst kısmına 18.5x24x1 cm ölçülerinde seyyar cam kapak, helezon haznenin dış kısmı için ise şeffaf plastik örtü kullanılmıştır. Bu şekilde çalışmalarda filtre içerisindeki hava akımı, kirli hava ve suyun fiziksel davranışları incelenmiş, filtrasyon işlemleri gözlemlenmiştir.

Yapılan ilk 12 deneysel çalışmada filtre içerisine 5 lt su konularak, 50 g çimento ve 50 g bentonit 1 m<sup>2</sup> lik alan içerisine yayılarak 5' er ve 10' ar dakikalık süreler ile temizlemiş, geriye kalan diğer 6 deneysel çalışmada ise, yine filtre içerisine 5 lt su konulmuş, fakat bu defa 50 gramlık toz materyal emiş hattı iptal edilerek 5 dakika içerisinde doğrudan filtre girişinde verilmiştir. Filtre içerisindeki su ve tutulan toz partikülleri, darası önceden tespit edilmiş 10 litre hacminde şeffaf naylon torbalara konularak ağzı kapatılmıştır. Bu şekilde 18 adet deneysel çalışma yapılmıştır. Daha sonra bu torbalar askıya alınarak ağzı açık bir şekilde atmosfere bırakılmıştır. Bu yöntemle torba içerisindeki tozun suyun dibine çökmesi sağlanarak, filtre tarafından tutulan tozun firesiz ayrışması amaçlanmıştır. Askıda ağzı açık bir şekilde atmosfere bırakılan torbalar 20 gün bu şekilde bekletilerek toz partiküllerin suyun dibine çökmesi beklenmiştir. Yirminci gün sonunda bu torbalarda yapılan incelemelerde toz partiküllerinin tamamen olmasa da bir kısmının dibe çöktüğü gözlenmiş ve torba içerisindeki bir miktar temiz su tahliye edilmiş, geri kalan miktarlar torbalarda ağzı açık bir şekilde atmosferik koşullarda (Ağustos- Eylül 2008 aylarında), kurutmaya bırakılmıştır. Yeterli kuruluğa ulaşan örnekler daha sonra hassas terazide tartılmıştır. Şekil 3.6' da çimento ile yapılan deneylerde kurutulan örnekler, Şekil 3.7' de de bentonit ile yapılan deneylerde kurutulan örnekler görülmektedir.



Şekil 3.6. Çimento ile yapılan deneylerde kurutulan örnekler.



Şekil 3.7. Bentonit ile yapılan deneylerde kurutulmuş örnekler.

Yapılan deneysel çalışmalarda helezonik tip su yıkamalı hava filtresinin temizleme derecesini (Filtre etkinliği) bulmak için karşılaştırma amacıyla 50 g çimento ve 50 g bentonit ayrı ayrı 5 lt su içerisinde konularak karıştırılıp, darası önceden belirlenmiş naylon torbalar içerisinde konularak, kurutma amacıyla ağzı açık bir şekilde çalışmalarda elde edilen örneklerle birlikte atmosfere bırakılmıştır. Bütün örnekleri kurutulması tamamlandıktan sonra, her bir deneydeki net filtrede tutulan örnek ağırlıkları (FTÖA) bulunmuş, bu değerler aynı koşullarda elde edilen kontrol ağırlıklarına (KA) oranlanarak filtre etkinliği (FE) hesaplanmıştır.

$$FE = FTÖA/KA \quad (3.4)$$

Kontrol ağırlığı içerisindeki nem miktarı % olarak belirlenmiş, filtrasyon sonucu tutulan toplam kuru ağırlık (TTPKA), her bir materyal için ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır. Bunun formülize edilmiş şekli aşağıdaki gibidir.

$$TTPKA = 1.264 \times M \text{ (Çimento için)}, \quad (3.5)$$

$$TTPKA = 1.052 \times M \text{ (Bentonit için)}, \quad (3.6)$$

M= Tutulan Materyal (g).

Yapılan deneysel çalışmalarda, deneyler, laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş olup, iki kişi tarafından yapılmıştır. Bir kişi belirli süreler içerisinde 1 m<sup>2</sup> lik alan içerisinde toz materyalinin süpürülmesi ve direk filtre girişinde verilmesi işlemine yaparken, diğer kişi ise filtreleme esnasında şeffaf plastik örtü ile kaplanmış helezon hazne ve seyyar cam kapak kısmında filtrasyon işlemlerini gözlemlemiş, basınc düşüşünü tespit etmiş, vakum değerini sınırlandırmıştır. Bu şekilde yapılan deneysel çalışmaların tümü kayıt altına alınmış, kayıt altına alınan değerler minitap bilgisayar programından faydalanılarak istatistikî değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Ayrıca bu çalışmalarda kıyaslama amacı ile normal şartlar altında, toz torbalı süpürge ile 1 m<sup>2</sup> lik alan içerisinde 50 g toz halindeki imento ve bentonit'in temizlenip, süpürge torbasında kalan toz miktarı ile helezonik tip su yıkamalı hava filtresi deney dzenegiinde tutulan toz miktarları karşılaştırılarak sistem verimliliği ölçülmüştür.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1.Filtre Veriminin Değerlendirilmesi

Yapılan deneysel çalışmalar sonucu elde edilen veriler istatistikî değerlendirmeye tabi tutularak filtre verimliliği analizi yapıldı. Yapılan istatistik analizde tesadüf parselleri deneme testinde, faktöriyel deneme desenine göre varyans analizi yapıldı.

Yapılan istatistik analiz sonuçları çizelge 4.1’ de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü gibi, kullanılan toz materyali cinsinin filtre etkinliği üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı bulunmuştur. Benzer şekilde, toz materyalinin filtreye veriliş debisinin de etkisinin önemsiz düzeyde kaldığı saptanmıştır. Materyal çeşidi (MA) ile toz debisi (TD) arasındaki interaksiyon (İki faktör arasındaki etkileşim) etkisinin de önemsiz düzeyde olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Deney sonucu elde edilen filtre etkinliği (FE) değerlerinin varyans analizi.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Olasılık Değerleri (P)
MATERYAL (MA)	1	0.00405	0.00405	4.56	0.054
TOZ DEBİSİ (TD)	2	0.001678	0.000839	0.94	0.416
MA*TD	2	0.003433	0.001717	1.93	0.187
HATA	12	0.010667	0.000889	-	-
TOPLAM	17	0.0119828	-	-	-

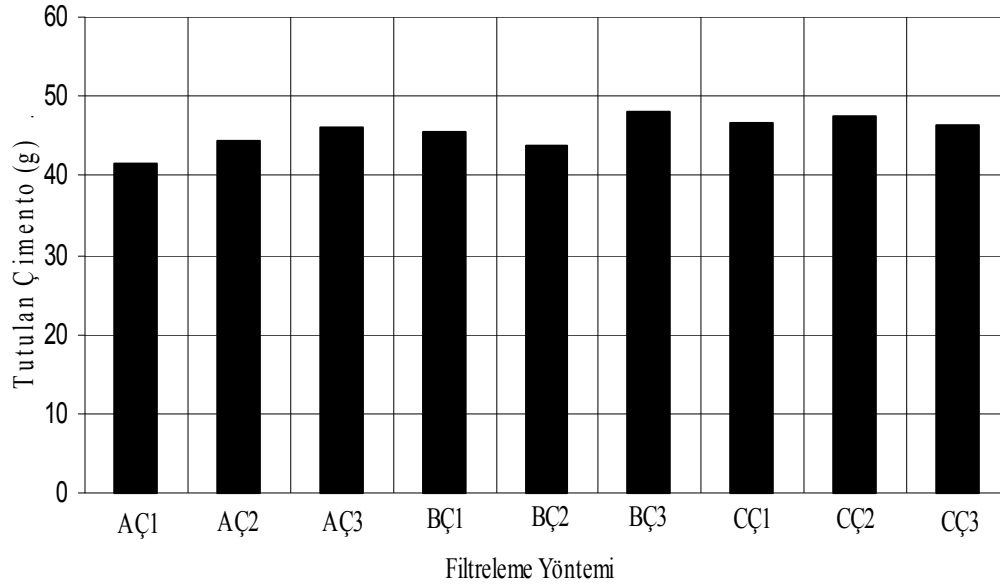
Şekil 4.1’ de prototip helezonik su akışlı filtre sisteminin çalışırken suya olan etkisi görülmektedir. Vakum değeri ve bu nedenle hava hızı belirli bir limitin üzerine çıktığı takdirde suyun helezon kanatları üzerinde yukarıya doğru hareket ettiği görülmüştür. Bu nedenle, vakum değeri sınırlandırılarak deneyler yürütülmüştür.

Hava ile emilen toz materyal önce filtre girişinde su içinden geçerek büyük bir kısmı su tarafından tutulduğu görülmüştür. Daha sonra suda tutulamayan miktar ise hava ile hareket ederek, helezonik su filtresi içerisinde kanatlar arasındaki boşluktan geçerken santrifüj etki altında kalmakta ve böylece su akışlı pet iç cidarına temas etmektedir. Sonuçta hava içinde süspansiyon halinde hareket eden katı partiküller su tarafından tutularak aşağı doğru yıkanmaktadır. Bu şekilde hava hem içerisindeki ince toz partiküllerden ayrışması, hem de aynı anda yıkanması sağlanarak ortama temiz bir şekilde verilmiştir.



Şekil 4.1. Prototip helezonik tip su yıkamalı hava filtresinin çalışma sırasındaki görünümü.

Yapılan deneysel çalışmalarda toz halindeki çimento ile dokuz adet deney yapılmış olup, bu deneylerde kullanılan toz halindeki materyalin miktarı aynı sadece süre ve yöntem açısından farklılık göstermektedir. Yapılan ilk üç deneysel çalışmada 1 m<sup>2</sup>'lik alan içerisindeki 50 gram toz halindeki çimento 5 dakika içerisinde, ikinci seferde yapılan üç adet deneysel çalışmada aynı alan içerisindeki 50 gram toz halindeki çimento partikülleri 10 dakika içerisinde süpürülmüş ve son üç adet deneysel çalışmada ise 50 gramlık toz halindeki çimento direk filtre girişinden 5 dakika içerisinde verilmiştir. Filtre tarafından tutulan materyalin gram cinsinden değerleri tespit edilmiş, tespit edilen bu değerler tutulan miktar ve yöntem açısından birbiri ile kıyaslanarak Şekil 4.2' de verilmiştir.

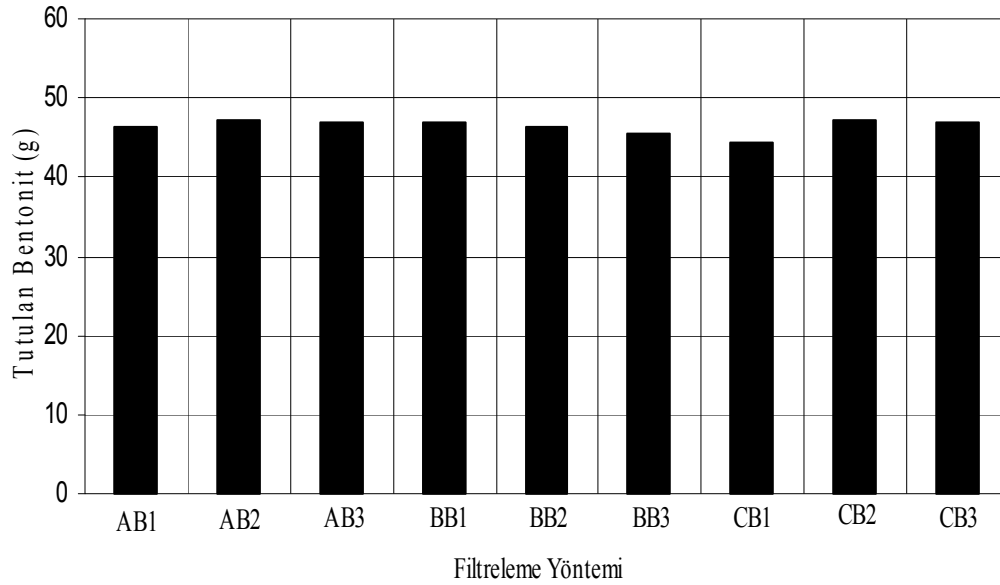


Şekil 4.2. Helezonik tip su yıkamalı filtrenin çimento ile yapılan çalışmada tutulan materyalin gram cinsinden sonuçları ( A; 1 m<sup>2</sup> lik alandaki 50 g toz partikülünün 5 dk içerisinde temizlenmesi, B; 1 m<sup>2</sup> lik alandaki 50 g toz partikülünün 10 dk içerisinde temizlenmesi, C; 50 g toz partikülünün direk filtre girişinde verilmesi, Ç; Çimento).

Şekil 4.2' de direk filtre girişinde verilen toz partiküllerinin tutulma miktarının daha çok olduğu, 10 dakika içerisinde yapılan filtrelemenin, 5 dakika içerisinde yapılan filtrelemeye nazaran daha iyi olduğu gözükse de, aslında 3 farklı yöntem kullanılarak yapılan toplam dokuz adet deneyde tutulan materyal miktarlarının ortalama değerleri (A; 44.05 g, B; 45.84 g, C; 46.82 g), birbirine çok yakındır.

Filtrasyon sonucu tutulan materyal değerlerinin birbirine çok yakın olması, filtre veriminin bu parametrelere bağlı olarak çok az değiştiğini göstermektedir. Çimento ile yapılan toplam 9 adet deneysel çalışmada şekil 4.2' de de anlaşılacağı üzere filtre veriminin % 83 ile % 96 arasında değiştiği görülmektedir. Bu da filtrasyon işlemlerinde kullanılan toz partiküllerinin hemen hemen hepsinin filtre edilebildiğini göstermektedir.

Bentonit ile yapılan çalışmalarda, çimento ile yapılan çalışmalardaki aynı yöntem uygulanarak 9 adet deney yapılmıştır. Filtre tarafından tutulan materyalin gram cinsinden değerleri tespit edilmiş, tespit edilen bu değerler tutulan miktar ve yöntem açısından birbiri ile kıyaslanarak Şekil 4.3' de verilmiştir. Şekil 4.3' te anlaşılacağı üzere filtrasyon işlemlerinde tutulan bentonit değerlerinin birbirine çok yakın olması filtre verimliliğinin uygulanan yöntemlere bağlı olarak çok az değiştiğini göstermektedir. Ayrıca filtrasyon işleminde bentonit partiküllerinin çimento partiküllerine nazaran daha çok tutulduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise bentonit partiküllerinin ağırlığının 5-6 katı kadar su alarak hacminin 12-13 katı kadar artış gösterebilmesindedir.

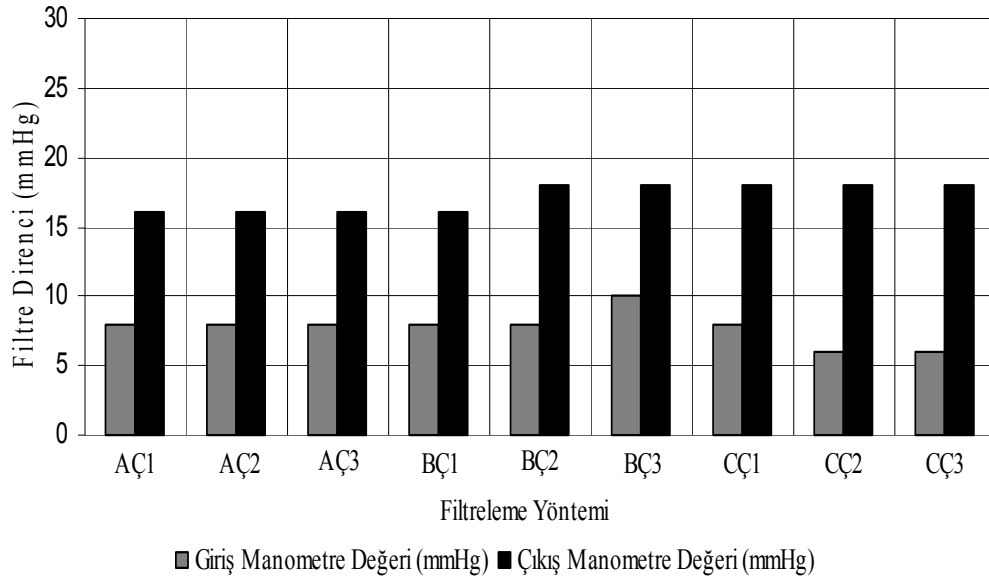


Şekil 4.3. Helezonik tip su yıkamalı filtrenin bentonit ile yapılan çalışmada tutulan materyalin gram cinsinden sonuçları ( A; 1 m<sup>2</sup> lik alandaki 50 g toz partikülünün 5 dk içerisinde temizlenmesi, B; 1 m<sup>2</sup> lik alandaki 50 g toz partikülünün 10 dk içerisinde temizlenmesi, C; 50 g toz partikülünün direk filtre girişinde verilmesi, B; Bentonit).



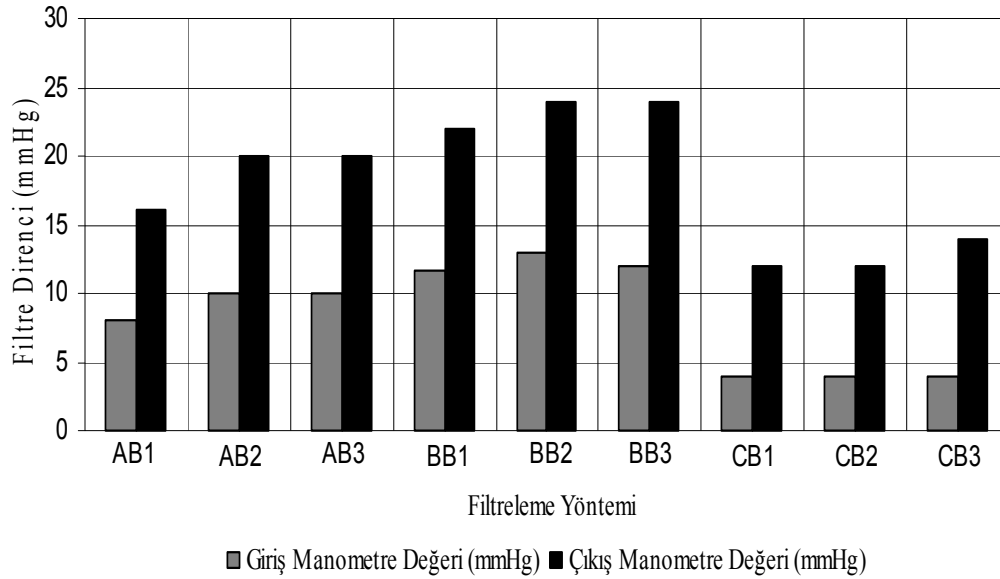
#### 4.2. Filtre Direncinin Değerlendirilmesi

Deneysel çalışmalarda materyal olarak çimento ve bentonit kullanılarak üç farklı yöntem uygulanmış ve toplam olarak 18 adet deney yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar esnasında filtre direncini tespit etmek için filtre üzerinde iki noktadan basınç ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin ilki, filtre üzerindeki hava giriş noktasında, ikincisi ise filtre çıkış noktasından yapılmış olup, ölçümler sonucu elde edilen tüm veriler kullanılan materyal ve uygulanan metot'a bağlı olarak değerlendirilmiş, ayrıntılı olarak ta Ek 2' de sunulmuştur. Çimento ile yapılan çalışmalardaki ölçümlerde kullanılan yöntemlere bağlı olarak filtre veriminin çok az değiştiği Şekil 4.4' te de görülmektedir. 50 gramlık tozun 1 m<sup>2</sup>'lik alan içerisinde 5'er ve 10'ar dakika içerisindeki temizleme işleminde giriş ve çıkış manometre basınçlarının hemen hemen birbirine eşit olması filtre veriminin zamana bağlı olarak yapılan temizleme işleminden çok az değiştiğini göstermektedir. Tozun direk filtre girişinde emdirilerek yapılmış olan deneyde ise filtre veriminin diğerlerine göre farklı olduğu, basınç düşüşünün fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Helezonik tip su yıkamalı filtrenin çimento ile yapılan çalışmada filtre giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması ( A; 1 m<sup>2</sup> lik alandaki 50 g toz partikülünün 5 dk içerisinde temizlenmesi, B; 1 m<sup>2</sup> lik alandaki 50 g toz partikülünün 10 dk içerisinde temizlenmesi, C; 50 g toz partikülünün direk filtre girişinde verilmesi, C; Çimento).

Bentonit ile yapılan çalışmalar esnasında elde edilen veriler grafiksel hale getirilerek Şekil 4.5' te verilmiştir. Şekil 4.5' te görüldüğü gibi 50 gramlık toz halindeki bentonit'in  $1 \text{ m}^2$ 'lik alan içerisinde 10 dakika içerisinde süpürme işleminde vakum giriş ve çıkış değerleri diğerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni ise zamanla daha fazla su alabilen bentonit partiküllerinin, filtreyi tıkadığı giriş ve çıkış manometre değerlerini yükselttiğidir.

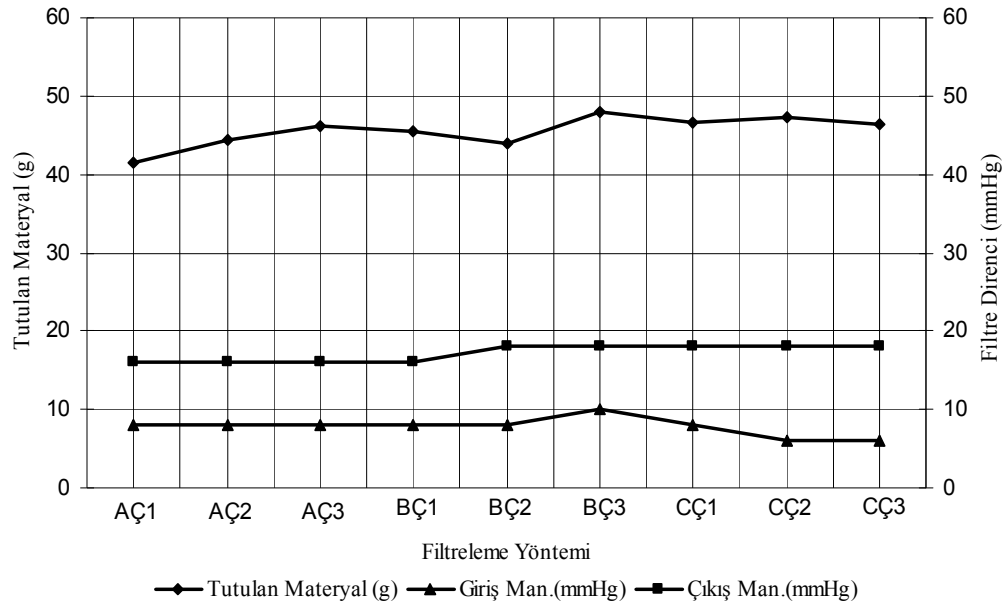


Şekil 4.5. Helezonik tip su yıkamalı filtrenin bentonit ile yapılan çalışmada filtre giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması ( A;  $1 \text{ m}^2$  lik alandaki 50 g toz partikülünün 5 dk içerisinde temizlenmesi, B;  $1 \text{ m}^2$  lik alandaki 50 g toz partikülünün 10 dk içerisinde temizlenmesi, C; 50 g toz partikülünün direk filtre girişinde verilmesi, B; Bentonit).

Çimento ve bentonit ile yapılan çalışmalarda filtre giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılmasında, çimento ile yapılan deneysel çalışmalarda manometre çıkış değerlerinin yüksek çıkmadığı, aynı yöntemler uygulanarak yapılan bentonit deneylerinde, manometre çıkış değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu da çimento ile yapılan çalışmalarda filtrenin çok fazla zorlanmadığı, bentonit'te ise ağırlığının 5-6 katı kadar su alabilen ve hacminin 12-13 katı kadar artış gösterebilen bentonit partiküllerinin zamanla filtreyi tıkadığı, filtre giriş ve çıkış manometre değerlerini yükselttiğidir.

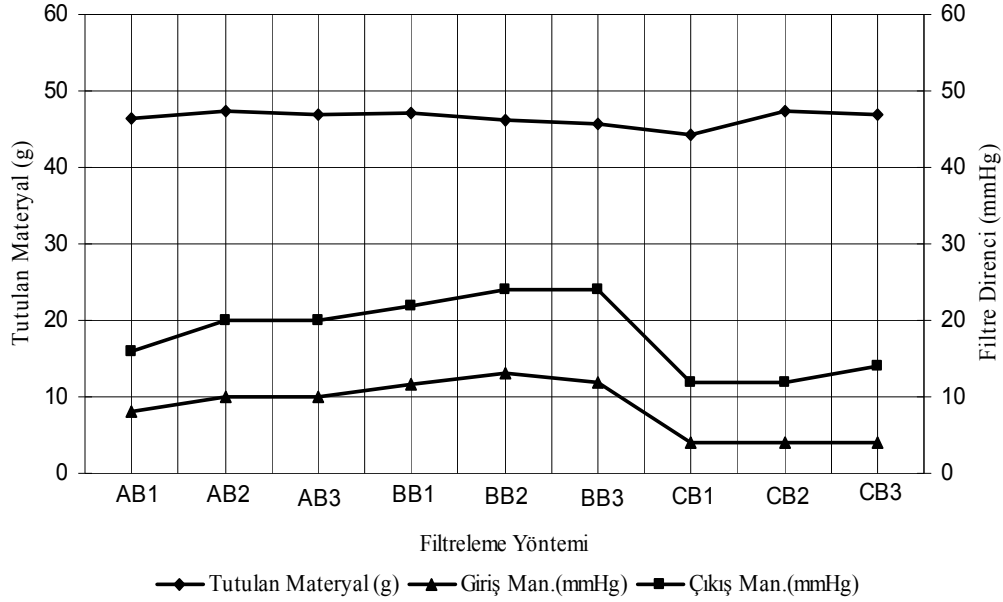
Şekil 4.3' te de anlaşılacağı üzere tutulan toplam kuru materyal cinsinden de bentonit ile yapılan çalışmalarda verim çimento ile yapılan deneysel çalışmalara göre yüksek çıkmıştır.

Şekil 4.6' da ve Şekil 4.7' de filtrasyon işleminde tutulan materyallerin gram cinsinden sonuçları ile mmHg cinsinde de filtre giriş ve çıkış manometre basınçları birlikte verilmiştir. Burada deney ünitesinin çalışma performansı ile verim değerlerinin uyumluluğu karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.6. Helezonik tip su yıkamalı filtrenin çimento ile yapılan çalışmada tutulan materyalin gram cinsinden değeri ile filtre giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması( A; 1 m<sup>2</sup> lik alandaki 50 g toz partikülünün 5 dk içerisinde temizlenmesi, B; 1 m<sup>2</sup> lik alandaki 50 g toz partikülünün 10 dk içerisinde temizlenmesi, C; 50 g toz partikülünün direk filtre girişinde verilmesi, Ç; Çimento).

Şekil 4.6' da anlaşılacağı üzere çimento ile yapılan deneysel çalışmalarda deney düzeneğinin hava giriş ve çıkış noktalarında yapılan vakum ölçümünde, manometre giriş ve çıkış değerlerinin birbirine yakın olduğu, filtrasyon sonucu tutulan partikül madde miktarında da buna bağlı olarak artma veya azalma olduğu görülmektedir. Çimento ile yapılan çalışmalarda manometre giriş ve çıkış değerlerinin, uygulanan yöntemlere bağlı olarak çok az değiştiği, buna paralel olarak tutulan partikül madde miktarında da aynı durumun söz konusu olduğu görülmüştür.



Şekil 4.7. Helezonik tip su yıkamalı filtrenin bentonit ile yapılan çalışmada tutulan materyalin gram cinsinden değeri ile filtre giriş ve çıkış manometre değerlerinin karşılaştırılması( A; 1 m<sup>2</sup> lik alandaki 50 g toz partikülünün 5 dk içerisinde temizlenmesi, B; 1 m<sup>2</sup> lik alandaki 50 g toz partikülünün 10 dk içerisinde temizlenmesi, C; 50 g toz partikülünün direk filtre girişinde verilmesi, B; Bentonit).

Şekil 4.7' de bentonit ile yapılan deneysel çalışmalarda, deney düzeneğinin hava giriş ve çıkış noktalarında yapılan vakum ölçümünde, manometre giriş ve çıkış değerlerinin birbirine yakın olduğu, manometre çıkış değerlerinin çimento ya nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ölçülen yüksek vakum değerlerine bağlı olarak filtrasyon sonucu tutulan partikül madde miktarında da aynı oranda artma olduğu görülmüştür.

Deney ünitesinin çalışma performansının belirlenmesinde, çimento ve bentonit ile yapılan deneysel çalışmalarda, filtrasyon sonucu tutulan partikül madde miktarlarının ve sistemin giriş-çıkış noktalarında yapılan vakum ölçüm değerlerinin üçlü karşılaştırmasında, deney düzeneğinin giriş ve çıkış manometre basınçlarının uyumlu olduğu, buna bağlı olarak tutulan partikül madde miktarlarının da uyumlu olduğu görülmüştür.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmalarda, 50 gramlık toz halindeki materyal (çimento ve bentonit) ilk önce 1 m<sup>2</sup> lik alan içerisine serpiştirilerek 5'er ve 10'ar dakikalık süreler içerisinde temizlenmiş, daha sonra 5'er dakikalık süreler içerisinde direk filtre girişinden verilmiştir. Bu şekilde iki farklı materyal kullanılarak, uygulanan üç farklı yöntemde sistem başarısı ve verimliliği ölçülmüştür. Uygulanan yöntemler sonucu verimler, 1 m<sup>2</sup> lik alan içerisindeki 50 gramlık toz partiküllerini 5 dakika içerisinde filtrelemedeki maksimum verim % 94.6, 1 m<sup>2</sup> lik alan içerisindeki 50 gramlık toz partiküllerini 10 dakika içerisinde filtrelemedeki maksimum verim % 94.9 ve 50 gramlık toz partikülünü direk filtre girişinde verilmesinde elde edilen maksimum verim % 94.7 olarak elde edilmiştir. Aynı materyal kullanılarak ve aynı yöntem uygulanarak toz torbalı filtre ile yapılan kıyaslamada filtre verimi % 40 civarında çıkmıştır. Bu da suyun küçük çaptaki partikülleri yakalamadaki üstün özelliğinden ve santrifüj ayırma esasından faydalanılarak geliştirilen helezonik tip su yıkamalı hava filtresi prototipinin başarılı olduğunu ortaya koymuştur.

Deneysel çalışmalar sonucu yapılan ölçümler, istatistiksel analizler ve elde edilen veriler, suyun küçük çaptaki partikülleri yakalamadaki üstün özelliğinden ve santrifüj ayırma esasından faydalanılarak geliştirilen helezonik tip su yıkamalı hava filtresi prototipinin başarılı olduğunu ve veriminin mevcut sistemlere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen veriler doğrultusunda çalışma ile ilgili daha sonra yapılması gerekenler şöyle sıralanabilir.

- Prototip ünite farklı ölçü standartlarında üretilerek, verimliliği araştırılmalıdır.
- Atmosferdeki diğer kirletici ve baca gazlarının temizliğinde denenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2007. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği,  
*Resmi Gazete 19269 sayılı kanun. madde 6.*
- Anonim, 2007a. [http://www. Karcher golden apple; Miteve Ev Tozu Akarları](http://www.Karchergoldenapple.com)  
*Hakkında Bilgi Golden Apple Karcher Türkiye. Mht* 14.12.2007
- Anonim, 2007b. <http://www.hayatinrengi.net> 12.12.2007
- Anonim, 2008. [http://www.buharlisupurge.com/VakumluBuharliTemizlikMakinesi](http://www.buharlisupurge.com/VakumluBuharliTemizlikMakinesiDS5600.htm)  
*DS5600.htm* 27.12.2008
- Anonim, 2008a. <http://www.keramik.com.tr/makina.asp?Ing=tr&PgID=165>  
29.12.2008
- Anonim, 2008b. <http://www.baya.com.tr/puraclmak.html> 29.12.2008
- Anonim, 2008c. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği.  
TMMOB Maden Mühendisleri Odası., <http://www.maden.org.tr> 17.12.2008
- Anonim, 2008d. Hava Kalitesi İndeksi.,  
<http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/hkindex/index4.htm> 13.10.2008
- Anonim, 2008e. <http://www.cdc.gov/niosh/mining/aboutus/programarea9.htm>.  
13.12.2008
- Anonim, 2008f. [http://www.uslanmam.com/ Sağlık ve Yaşam /Allerjen ve Çesitleri](http://www.uslanmam.com/SaglikveYasam/AllerjenveCesitleri)  
21.11.2008
- Anonim, 2008g. <http://www.karcherlife.com/index.asp> 24.12.2008
- Anonim, 2008h. <http://www.dumanmadencilik.com/analysis.asp> 22.12.2008
- Anonymous, 2009a. Dust Separation System. (Patent no: WO 2005/053494 A2 )  
<http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?wo=2005053494> 26.01.2009
- Anonymous, 2009b. Air and sludge separators. [www.pneumatex.com](http://www.pneumatex.com)  
26.01.2009
- Anonymous, 2009c. <http://www.engineersedge.com/filtration/image/hepa/f7>  
14.01.2009
- Bulut, H., 2007. *Konutlarda İç Hava Kalitesi İle İlgili Ölçüm Sonuçlarının Analizi*, VIII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.
- Çakal, M.A., 1997. *Bir Filtreli Hidrosiklon Tasarımı ve Temizleme Etkinliğinin Saptanması*. Y.Y.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Çavuşlar, M.A., 2006. *Vakumlu Elektrikli Süpürgeler için Kombine Su Banyolu Hava Filtresi Geliştirilmesi.*, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Ertürk A., 2008. *İş Ortamında İnorganik Toz Ölçüm ve Analiz Yöntemleri*, Dokuz Eylül Üniversitesi. <http://www.cdc.gov/niosh/mining/aboutus/programarea9.htm> 23.11.2008
- Genceli F., 2005. *Ölçme Tekniği*, Boyut, Basınç, Akış ve Sıcaklık Ölçmeleri., Birsen Yayınevi.
- İpek oğlu B., Kurşun İ., 1997. *Türkiye bentonit potansiyeline genel bir bakış.*, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Ekim 1997 İzmir Türkiye
- Öztürk M., 2005. *Hava Kalitesi İndeksi.*, Çevre ve Orman Bakanlığı, , Ankara
- Sosyal A., Demiral Y., 2007. *Kapalı ortam hava kirliliği TSK koruyuculuk hekimlik bülteni*, Dokuz Eylül tıp fakültesi halk sağlığı AD, İzmir.
- Ulutepe L., 2007. *Hijyenik Ortamların Hava Filtrasyonu*, VIII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.
- Ünal T., Kuru F., Elmacı K. K., Özek E., Ali kalfa C. 2008., *İnorganik Tozların ve Partikül Maddelerin Ölçüm ve Analiz Yöntemleri.*

**Ek 1.****Hava Kalitesi İndeksi İçin Kesme Noktaları (Öztürk, 2005)**

<b>Kesme Noktaları</b>				<b>Bu HKİ eşit</b>		<b>Kategori</b>
<b>0<sub>3</sub> (ppm) 8 saat</b>	<b>0 &gt; (ppm) 1 saat</b>	<b>PM (µqm<sup>3</sup>)</b>	<b>PM, CO (ppm) (µqm<sup>3</sup>)</b>	<b>S0<sub>2</sub> (ppm)</b>	<b>N0<sub>2</sub> (ppm)</b>	<b>AQI<sup>(4)</sup></b>
0.000 - 0.054	-	0.0-15.4	0 - 54	0.000 - 0.034	( <sup>2</sup> ) 0 - 50	İyi
0.065 - 0.084	-	15.5-40.4	55 - 154	0.035 - 0.144	( <sup>2</sup> ) 51-100	Orta
0.085 - 0.104	0.125 - 0.164	40.5 - 65.4	155 - 254	0.145 - 0.224	( <sup>2</sup> ) 101-150	Hassas grup. İçin sağlıksız
0.105 - 0.124	0.165 - 0.204	65.5 - 150.4	255 - 354	0.225 - 0.304	( <sup>2</sup> ) 151 - 200	Sağlıksız
0.125 - 0.374	0.205 - 0.404	150.5 - 250.4	355 - 424	0.305 - 0.604	0.65-1.24,201-300	Çok sağlı.
(>)	0.405 - 0.504	250.5 - 350.4	425 - 504	0.605 - 0.804	1.25-1.64,301-400	Zararlı
(>)	0.505 - 0.604	350.5 - 500.4	505 - 604	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 alın.

(2) N0<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.

(4) 50 AQI yıllık hava kalitesi limitini, 100 AQI ise 24 saatlik limit değerini göstermektedir.



EK 2.

EK 2.1.

**FİLTRE ETKİNLİĞİ DEĞERLERİ**

<i>D.N.</i>	<i>Filtrelemede Uygulanan Yöntem</i>	<i>Kullanılan Materyal (g)</i>	<i>Toplam Kuru Ağırlık (g)</i>	<i>Dara (g)</i>	<i>Net Ağırlık (g)</i>	<i>Tutulan Toplam Materyal (g)</i>
1	AÇ	Ç.50	71.8	19.9	51.9	41.52
1	AÇ	Ç.50	75.6	20	55.6	44.48
1	AÇ	Ç.50	77.7	20	57.7	46.16
1	AB	B.50	68.9	20	48.9	46.45
1	AB	B.50	69.6	19,8	49.8	47.31
1	AB	B.50	69.4	20	49.4	46.93
2	BÇ	Ç.50	76.8	19.8	57	45.6
2	BÇ	Ç.50	74.9	20	54.9	43.92
2	BÇ	Ç.50	80	20	60	48
2	BB	B.50	69.7	19.8	49.9	47.4
2	BB	B.50	68.6	20.2	48.7	46.26
2	BB	B.50	68	20	48	45.6
3	CÇ	Ç.50	78.2	19.8	58.4	46.72
3	CÇ	Ç.50	79.2	20	59.2	47.36
3	CÇ	Ç.50	77.8	19.8	58	46.4
3	CB	B.50	66.5	19.8	46.7	44.36
3	CB	B.50	69.9	20.1	49.8	47.31
3	CB	B.50	69.1	19.7	49.4	46.93

EK 2.2.

**VAKUM DÜŞÜM DEĞERLERİ (FİLTRE DİRENCİ)**

<i>D.N.</i>	<i>Filtrelemede Uygulanan Yöntem</i>	<i>Kullanılan Materyal (g)</i>	<i>Giriş Manometre (mmHg)</i>	<i>Çıkış Manometre (mmHg)</i>	<i>Filtre Direnci (mmHg)</i>
1	AÇ	Ç.50	8	16	8
1	AÇ	Ç.50	8	16	8
1	AÇ	Ç.50	8	16	8
1	AB	B.50	8	16	8
1	AB	B.50	10	20	10
1	AB	B.50	10	20	10
2	BÇ	Ç.50	8	16	8
2	BÇ	Ç.50	8	18	10
2	BÇ	Ç.50	10	18	8
2	BB	B.50	11	22	11
2	BB	B.50	13	24	11
2	BB	B.50	12	24	12
3	CÇ	Ç.50	8	18	10
3	CÇ	Ç.50	6	18	12
3	CÇ	Ç.50	6	18	12
3	CB	B.50	4	12	8
3	CB	B.50	4	12	8
3	CB	B.50	4	14	10

## **ÖZ GEÇMİŞ**

1981 yılı Van doğumludur. İlk ve Orta öğrenimini Van'da tamamladıktan sonra, 2000 yılında Van Teknik Lisesinde mezun oldu. 2002 yılında Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Otomotiv Öğretmenliği Bölümünde başladığı Lisans öğrenimini 2006 yılında iyi derece ile mezun olarak tamamladı. Aynı yıl içerisinde Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans Öğrenimine başladı. Halen aynı Üniversitede öğrenimine devam etmektedir.