

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KAPALI ORTAMLAR İÇİN
TAŞINABİLİR HAVA TEMİZLEME ÜNİTESİ PROJESİ

BİTİRME PROJESİ

Yılmaz ŞAHİN
Burak BOZACI
Cengizhan EROL
Burak ÖNAL
Zeki Berk GÖKÇE

HAZİRAN 2021

TRABZON

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KAPALI ORTAMLAR İÇİN
TAŞINABİLİR HAVA TEMİZLEME ÜNİTESİ PROJESİ

Yılmaz ŞAHİN
Burak BOZACI
Cengizhan EROL
Burak ÖNAL
Zeki Berk GÖKÇE

Jüri Üyeleri

Danışman: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

HAZİRAN 2021

TRABZON

ÖNSÖZ

Bu bitirme projesi çalışmasında; hastaneler, okullar, alışveriş merkezleri, lokantalar, kafeteryalar gibi kapalı toplu yaşam ortamlarında havanın temizlenmesi ve dezenfekte edilmesini sağlayan taşınabilir bir ünitenin tasarımı ve üretimi yapılmıştır. Bu projenin bizden sonraki makine mühendisliği öğrencilerine hava sterilizasyonu ve temizliği hakkında farkındalık sağlaması ve bu konunun önemi hakkında ilham kaynağı olmasını dileriz. Bu çalışmanın yürütülmesindeki yönlendirmeleri ve katkılarından dolayı hocamız ve danışmanımız Sayın Prof. Dr. Burhan Çuhadaroğlu'na teşekkür ederiz.

Yılmaz ŞAHİN
Burak BOZACI
Cengizhan EROL
Burak ÖNAL
Zeki Berk GÖKÇE

Trabzon 2021

ÖZET

KAPALI ORTAMLAR İÇİN TAŞINABİLİR HAVA TEMİZLEME ÜNİTESİ PROJESİ

Son yıllarda ülkemizde ve dünyada çok önemli etkileri olan, insan sağlığını tehdit eden COVID salgını, toplu yaşam düzeninde de önemli değişikliklerin yapılmasını gerekli kılmıştır. Alınan birçok önleme rağmen salgında birçok insan yaşamını kaybetmiş ve ekonomik sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda kapalı yaşam alanlarında virüs yayılmasını ve geçişini kontrol altına almak üzere hava temizleme teknolojilerine olan ihtiyaç da artmıştır. Mevcut teknolojik duruma bakıldığında hava temizleme ve dezenfeksiyon işlemlerinin sınırlı bir şekilde sabit tesisat uygulamaları ile yapılmakta olduğu görülmektedir. Ancak gereken düzeyde yaygın bir kullanımın olmadığı ve sadece bireysel korunma önlemleri üzerinde durulduğu görülmektedir. Bu Bitirme Projesi kapsamında yaygın kullanıma imkân sağlayacak, pratik, taşınabilir, etkin bir hava temizleme dezenfeksiyon ünitesi için tasarım ve prototip üretimi yapılmıştır. Bu amaçla Güz Yarıyılındaki “MM 4007-Mühendislik Tasarımı” kapsamında yapılmış olan sistem tasarımının prototip üretimi aşamalı olarak ve işbirliği halinde yapılmıştır. Hava temizleme ünitesinde; tasarımda yapılan seçimlere uygun bileşenler temin edilerek ahşap bir kabin içerisinde UV destekli çalışacak şekilde montaj yapılmıştır. Sistemin en önemli avantajı tekerlekli ve taşınabilir şekilde hafif olması, sessiz çalışmasıdır. Lokantalar, okullar, AVM’ler, toplantı salonları vb. insan yoğunluğunun olduğu yerlerde kullanıma elverişli olan sistem için performans testlerinin yapılması kaydıyla yaygın üretim aşamasına geçilmemesi için hiçbir neden yoktur.

Anahtar Kelimeler: Toplu Yaşam Alanları, Hava temizleyici, Virüs.

SUMMARY

THE PROJECT OF PORTABLE AIR CLEANER UNIT FOR INDOOR ENVIRONMENTS

The COVID epidemic, which has had very important effects in our country and the world in recent years and has threatened human health, has made it necessary to make important changes in the collective life order. Despite the many precautions taken, many people lost their lives in the epidemic and economic problems emerged. In this context, the need for air purification technologies has increased in order to control the spread and transmission of viruses in closed living spaces. Considering the current technological situation, it is seen that air cleaning and disinfection processes are carried out in a limited way with fixed installation applications. However, it is seen that there is no widespread use at the required level and only individual protection measures are emphasized. Within the scope of this Graduation Project, a design and prototype has been produced for a practical and portable effective air purification and disinfection unit that will allow widespread use. For this purpose, the prototype production of the system design, which was made within the scope of "MM 4007-Engineering Design" in the Fall Semester, was made in stages and in cooperation. In the air cleaning unit; Components suitable for the selections made in the design were supplied and the assembly was made in a wooden cabinet in a way to work with UV support. The most important advantage of the system is that it is wheeled and portable, it is light and silent. By testing of the performance of the system, there is no reason not to product serial for use in places with high human density such as restaurants, school, malls, meeting rooms, etc.

Keywords: Common Living Spaces, Air Cleaner, Virus.

İÇİNDEKİLER

<u>ÖNSÖZ.....</u>	<u>III</u>
<u>ÖZET.....</u>	<u>IV</u>
<u>SUMMARY.....</u>	<u>V</u>
<u>İÇİNDEKİLER.....</u>	<u>VI</u>
<u>SEKİLLER DİZİSİ.....</u>	<u>VIII</u>
<u>TABLolar DİZİSİ.....</u>	<u>IX</u>
<u>KISALTMALAR DİZİSİ.....</u>	<u>X</u>
<u>1.GENEL BİLGİLER.....</u>	<u>1</u>
<u>1.1.Giriş.....</u>	<u>1</u>
<u>1.2.Hava Temizleyici Cihazların Tarihçesi.....</u>	<u>1</u>
<u>1.3.Literatür Ve Patent Araştırması.....</u>	<u>2</u>
<u>1.3.1.Hava Filtrasyonu İle İlgili Literatür Taraması.....</u>	<u>2</u>
<u>1.3.2.Kapalı Alanlarda Hava Kalitesinin Arttırılması.....</u>	<u>3</u>
<u>1.3.2.1.Hava Temizleyicilerin Sınıflandırılması.....</u>	<u>4</u>
<u>1.3.2.2.Hava Temizleyicilerin Birincil Etkileri.....</u>	<u>5</u>
<u>1.3.2.3.Hava Temizleyicilerin İkincil Etkileri.....</u>	<u>8</u>
<u>1.3.3.Patent Araştırmaları.....</u>	<u>10</u>
<u>1.4.Projenin Önemi Ve Dikkat Edilmesi Gereken Koşullar.....</u>	<u>11</u>
<u>1.4.1.Temiz Oda Standartları.....</u>	<u>11</u>
<u>1.4.2.Hijyen Oda Kalite Parametreleri.....</u>	<u>12</u>
<u>1.4.3.Hava Kirliliği Ve Sterilize.....</u>	<u>14</u>
<u>2.YAPILAN ÇALIŞMALAR.....</u>	<u>15</u>
<u>2.1.1.Kasa.....</u>	<u>17</u>
<u>2.1.2.UV Işın.....</u>	<u>17</u>
<u>2.1.3.Hepa Filtre.....</u>	<u>18</u>
<u>2.1.3.1.Filtre Kalitesi.....</u>	<u>19</u>
<u>2.1.4.Fan Motoru.....</u>	<u>20</u>
<u>2.2.Mühendislik Hesap Ve Analizleri.....</u>	<u>21</u>
<u>2.2.1.Oda Sınıfının Belirlenmesi.....</u>	<u>21</u>
<u>2.2.2.Toplam Hava Değişim Sayısının Hesaplanması.....</u>	<u>21</u>
<u>2.2.3.Ortamda Negatif Basıncı Oluşturmak İçin Dışarıya Atılması Gereken Hava Miktarı...22</u>	<u>22</u>

<u>2.2.4.Akış Rejiminin Belirlenmesi.....</u>	<u>22</u>
<u>3.MALİYET HESABI.....</u>	<u>25</u>
<u>4.SONUÇLAR.....</u>	<u>26</u>
<u>5.KAYNAKÇA.....</u>	<u>27</u>
<u>6.EKLER.....</u>	<u>29</u>
<u>ÖZGEÇMİŞLER.....</u>	<u>33</u>

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Yayınların yıllara göre dağılımı.....	4
Şekil 2. Teknolojiye göre sınıflandırılan yılın bir fonksiyonu olarak Science Citation Index'teki hava temizleyici alımları (a), hedef kirletici(b) ve hava filtresi ölçeği (c).....	5
Şekil 3. Verimlilik kategorisinin bir fonksiyonu olarak temiz filtre basınç düşüşü.....	9
Şekil 4. Prototip.....	15

Şekil 5. Prototip.....	16
Şekil 6. Kasa montajı.....	17
Şekil 7. Kasanın boyanmış hali.....	17
Şekil 8. UV ışın.....	18
Şekil 9. Filtre.....	18
Şekil 10. Üretilen hepa filtre.....	20
Şekil 11. Fan motoru.....	20
Şekil 12. Cihazın perspektif görünüşü.....	29
Şekil 13.Üç Yan Görünüş.....	30
Şekil 14.Montaj Görünümü.....	30
Şekil 15.UV Sağlayıcı.....	31
Şekil 16.H13 Filtre.....	31
Şekil 17. Fan.....	32

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. ISO 14644-1 Sınıfları.....	12
Tablo 2. ISO 14644-1 Standartları.....	13
Tablo 3. Temizlik sınıfı limitleri.....	13
Tablo 4. Cihaz özellikleri.....	16
Tablo 5. . MPPS'ye Göre Hepafiltre ve Ulpafiltre Verimlilikleri.....	19
Tablo 6. EN 779 sınıfı Filtre Verimlilikleri.....	19
Tablo 7. Maliyet hesabı.....	24

KISALTMALAR DİZİNİ

ISO International	Organization for Standardization
DIN	Deutsches Institut für Normung
FS	Federal Standard 209E For Cleanroom
SWKI-Guideline 99-3	Heating, ventilation and air-conditioning systems in hospitals
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
DEHS	Filter System Integrity Test
EC	Electronically Commutated
CADR	Clean Air Delivery Rate

1.GENEL BİLGİLER

1.1.Giriş

Kapalı yaşam alanlarında ortamın havasını temizlemek üzere tasarlanmıştır. Odadaki havayı temizlerken dışarı atmış olduğu havayı hepa filtreden geçirir. Böylece 0,3 mikrondan büyük bakteriler hepa filtrede tutulur, 0,3 mikron boyutundan küçük olan bakteri ve virüsler ise cihaz içerisinde bulunan oksidasyon sistemi ile in aktive eder.

Örneğin bir hastalığın, efekte bir hastadan, hastanedeki diğer hastalara hava yoluyla yayılmasını önlemek için sağlık kuruluşlarında hava temizleme cihazına ihtiyaç duyulur.

Bu proje çalışmasında hastane odalarında ki hava temizlik standartları dikkate alınarak tasarım yapılmıştır.

1.2. Hava Temizleyici Cihazların Tarihçesi

Hava filtreleme konusunda ilk uygulamalar 16. Yüzyıla kadar uzanmaktadır. O dönemde, gazları, buharları veya toz parçacıklarını filtrelemek için ağız ve burnu kapatan maske kullanımı gözlenmektedir. 16. yy'de Leonardo Da Vinci, gemiciler için silahlarından çıkan toksik gaz ve dumandan korumaya yönelik olarak suya batırılmış ince dokunmuş kumaştan filtre geliştirmiştir. 1799 yılında Alexander Von Humoldt, Prusya'da maden mühendisi olarak çalışırken ilk ilkel soluma cihazını geliştirmiştir. Lewis P. Haslett, hava kirliliğini filtrelemek için nemli yün ve tek yönlü bir kapak valfi kullanılan ilk resmi hava temizleyicisi patentini 1849 yılında almıştır. Sonrasında, 1879 yılında Hutson Hurd, herkesin aşına olduğu fincan şeklindeki maske patentini almıştır. 1900'ler hava filtreleri için ciddi değişiklikler getirmiştir. Sadece maskelere ve solunum cihazlarına dayalı hava iyileştirme uygulamalarına ek olarak, 2. Dünya savaşı sırasında radyoaktif kimyasallara karşı koruma amaçlı geliştirilen HEPA (High Performance Particulate Air) filtre sistemleri de 1940'lı yıllardan itibaren ortam havasının iyileştirilmesinde kullanılmaya başlamıştır. HEPA filtre teknolojisi, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, ticari işletmelerde ve evlerde kullanımına izin verilene kadar geliştirilmiştir. Başlangıçta geliştirilen ilk HEPA filtreleri

Bolivya veya Afrika'dan ABD'ye ithal edilen asbest içermekteyse de, ithal edilen asbestin gelecekte bulunmaması ihtimaline karşı yerli kaynaklarla temin edilebilen, aynı performans ve verime sahip filtre geliştirilmesine yönelik araştırmalar yürütülmüştür. Zamanla, asbestin zararlarının tespit edilmesi sonrasında, filtrelerde asbest kullanımını yasaklanmış, geliştirilen ince cam elyafları ve aktif karbon gibi modern alternatifleri ile değiştirilmiştir. Evlerde kullanıma yönelik ilk hava temizleme filtresi, 1963 yılında Almanya'da makine mühendisi Klaus Hammes ve kardeşi Manfred tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem, evlerden kullanılan kömürlü sobaların hava çıkışına yerleştirilen bir filtreden oluşmaktaydı. Zaman içinde, evlerinde bu filtreyi kullanan müşterilerin astım ataklarını azalttığı ve alerji semptomlarında azalma gözleendiği rapor edilmiştir. Klaus Hammes, 1970'lerde, bu filtre sistemini geliştirerek, diğer ısıtma sistemlerinde de kullanılabilmesini sağlamıştır. Sonrasında Hammes, Kuzey Amerika'da otomobillerde kullanılmasına yönelik Mercedes-Benz araçları için kabin hava filtresi geliştirmiştir. 1998 yılında İsviçre ve Alman mühendisleriyle birlikte geliştirdikleri yüksek verimlilikte hava temizleme cihazını Avrupa piyasasına sürmüşlerdir [1].

1.3.Literatür ve Patent Araştırması

1.3.1.Hava Filtrasyonu ile İlgili Literatür Taraması

2010 Kürsü makalesinde, Sublett ve Ark. Hava filtrasyonunun kapsamlı bir incelemesini yapmıştır. Çalışmada, filtrelenecek alerjenler de dahil olmak üzere havadaki partiküllerin özellikleri tanımlanmıştır ve solunabilir PM'nin etkisinin ve hastalık üzerindeki etkisinin her zaman IgE aracılı olmadığına dikkat çekilmiştir. Kapalı ortam hava temizleme ürünleri ve cihazları iki geniş kategoriye ayrılır:

WHF (merkezi HVAC sistemine kurulan filtreler veya temizleyiciler) ve bağımsız PRAC'ler. Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği'nin (ASHRAE) yapmış olduğu filtreler için minimum verimlilik değerini (MERV) ayrıca 396 Curr Allergy Asthma Rep (2011) 11:395-402 Association of Home'u belirlemek ve mevcut test standartlarıyla beraber hava temizleyici sistemlerinin, temiz hava dağıtım oranlarıyla (CADR) özetlenmiştir. Ayrıca, daha önce gözden geçirilen bazı çalışmaları da dâhil olmak

üzere, 1973'ten 2009'a kadar hava filtrasyonu üzerine 18 çalışmanın sonuçlarını açıklamışlardır. Çalışmada “en uygun temizleme cihazı seçimi için üretim maliyeti ve düzenli bakım kolaylığının dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır” [2].

“HEPA filtreli PRAC'ler, özellikle virüsleri ve bakterileri filtrelemede faydalı görünmektedir. Cebri hava HVAC sistemlerine sahip milyonlarca hane için düzenli bakım programları ve yüksek verimli tek kullanımlık filtrelerin kullanımı en iyi seçimler gibi görünüyor.” Daha önceki gözden geçirenler gibi onlar da, hava filtrasyonu üzerine gelecekteki araştırmalara daha titiz çalışma yöntemlerinin uygulanmasını ve çalışmaların etkinliği göstermek için yeterli süreye sahip olmasını tavsiye etmişlerdir. Wood, [3] McDonald ve Ark[4]. Çevresel kontrol önlemi olarak hava filtrasyonunun önlemine uygun çalışmalar yayınlanmıştır.

1.3.2.Kapalı Alanlarda Hava Kalitesinin Arttırılması

İç mekân hava kalitesinin iyileştirilmesi genellikle üç temel yaklaşıma dayanır: iç mekân hava kirliliği kaynaklarının azaltılması, seyreltme havalandırması ve hava temizliği. Kaynak kontrolünün evrensel olarak tercih edildiği, havalandırmanın uzak ikinci bir seçim olduğu ve hava temizlemenin son bir yaklaşım olduğu, genellikle havalandırma ile birlikte kullanılacak bu üç tekniğin bir hiyerarşisi olduğu, iç mekân hava kalitesi uygulamasında bir gerçektir. Ortaya çıkan zorluk, kaynak kontrolünün genellikle mümkün olmaması veya bina sakinlerinin kontrolü dışında olmasıdır. Havalandırma , hem bina enerji kullanımı açısından hem de dünyanın pek çok yerinde temiz dış hava sağlanmadığı için giderek artan bir şekilde zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle hava temizleme, bir iç mekan hava stratejisi olarak artan bir ilgi görmektedir. Hava temizlemenin uzun ve zengin bir geçmişi olmasına rağmen, hava temizleme teknolojileri üzerine yapılan araştırmalar çok daha kısadır. Hava filtrasyonu tarihsel olarak endüstriyel ortamlarda tozun kontrol edilmesi, hastanelerde enfeksiyon ve radyoaktif aerosoller dahil olmak üzere çok çeşitli özel amaçlar için kullanılmıştır [5].

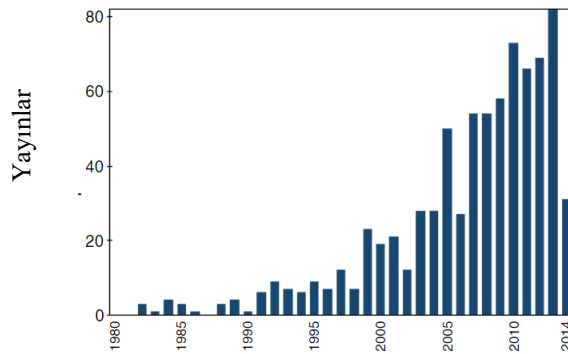
Erken bina hava filtreleme cihazları genellikle fanları, iklimlendirme ekipmanını ve iç mekan yüzeylerini kirletmekten kaçınmak için hava akımından büyük döküntüleri çıkarmak için kullanıldı. Hava temizleme literatürü de havalandırma ve kaynak kontrolüne göre

oldukça kısadır. Son yıllarda, hava temizliği ile iç mekan hava kalitesi arasındaki bağlantıların bazı yönlerini araştıran yılda yaklaşık yüz makale ile hava temizliğinin bilimsel keşfinde bir artış görüldü. Genel olarak hava temizleme, belirli hava temizleme teknolojileri ve bunlar arasındaki ilişkiler hakkında birkaç inceleme bulunduğundan, bu çalışmanın amacı kapsamlı bir inceleme sağlamak değildir. Bunun yerine amaç, hava temizleme bağlamı hakkında fikir vermek ve iç mekan hava temizleme kullanımından kaynaklanan birincil (konsantrasyon azaltma) ve ikincil sonuçları (örn. enerji kullanımı ve kirletici üretimi) keşfetmektir. Genel amaç, bir hava temizleme stratejisinin bir iç mekan ortamı üzerindeki genel etkisini incelemek için entegre bir hava temizleme görünümü ve çerçevesi sağlamaktır [6]-[7].

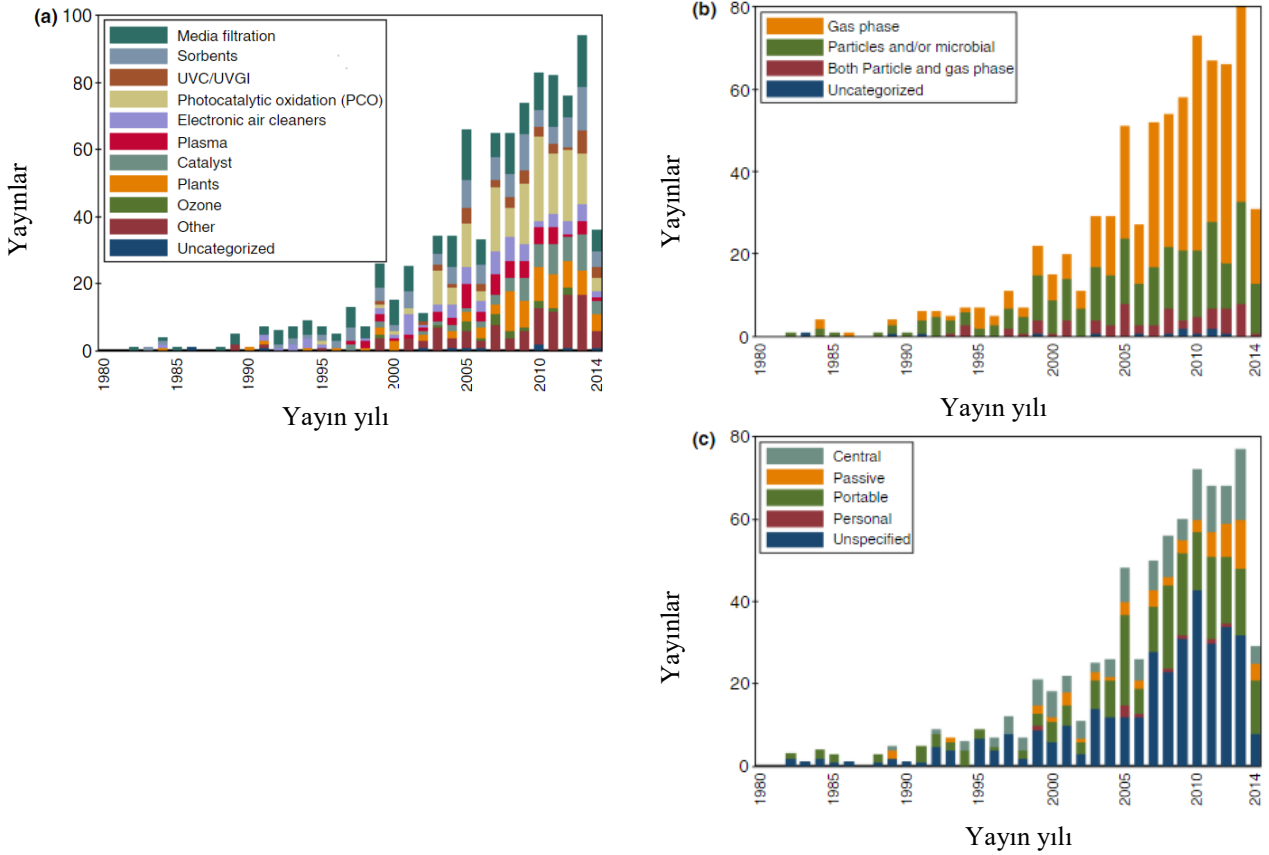
Bu amaca ulaşmak için bu çalışma iç mekân hava temizliğine ilişkin literatüre genel bir bakış ve farklı hava temizleyicilerini anlamak için bir sınıflandırma şeması sağlar.

1.3.2.1.Hava Temizleyicilerin Sınıflandırılması

Web of Science'ta Science Citation Index'te yer alan hava temizleyicilerle ilgili terimler hakkında genel bir literatür taraması yapılmıştır. Şekil 1'de konu ile ilgili; makalelerin yıllara göre dağılımı görülmektedir. Endeksin 1980'lerde her yıl birkaç makale içerdiğini ve 2013'te yılda yaklaşık 100 makale içerdiğini göstermektedir. Şekil 2b, makaleleri, ilgili kişi tarafından ele alınan kirletici kategorilere (parçacık veya gaz fazı) göre ayırır. Makaleler, özellikle son yıllarda, ağırlıklı olarak gaz fazındaki kirleticilere odaklanıyor gibi görünse de, bu araştırmaların çoğu ticarileştirilmemiş prototip teknolojilerini içermektedir. Gerçek kapalı ortamlarda hava temizleme teknolojilerinin uygulanmasının partikül gidermeye odaklanması çok daha olasıdır.



Şekil 1.Yayınlara göre yıllara dağılımı



Şekil 2. Teknolojiye göre sınıflandırılan yılın bir fonksiyonu olarak SCI kapsamındaki dergilerden hava temizleyici alıntıları (a), hedef kirletici(b) ve hava filtresi ölçeği (c)

1.3.2.2. Hava Temizleyicilerinin Birincil Etkileri

Bir hava temizleyiciyi tanımlamak için sıklıkla kullanılan birincil performans verimi, Denklem 1'de tanımlanan tek geçişli temizleme verimliliği η 'dir.

$$\eta = 1 - \frac{C_{\text{downstream}}}{C_{\text{upstream}}} \quad (1)$$

Burada C aşağı akım ve C yukarı akım, sırasıyla bir kirleticinin aşağı akım ve yukarı akım konsantrasyonlarıdır. Kaldırma verimliliği genellikle %0-100 aralığı ile sınırlıdır, bir hava temizleyici, örneğin ikincil reaksiyonlar veya dökülme yoluyla uzaklaştırıldan daha fazla kirletici üreterek (her ikisi de aşağıda tartışılmıştır) etkili bir şekilde negatif verimliliğe sahip olabilir. Benzer şekilde, bazı elektrostatik hava temizleyicileri, yüklü parçacıkların oda yüzeylerine daha fazla uzaklaştırılmasıyla hava temizleyicinin dışındaki parçacıkları çıkarabilir ve böylece etkin bir şekilde %100'den daha yüksek bir verimliliğe sahiptir [8].

ASHRAE Standardı 52.2, EN 779, ISO 10121-2 ve ASHRAE Standardı 145.2 dahil olmak üzere filtre ortamı, filtreler ve diğer hava temizleme cihazlarının verimliliğinin laboratuvar ölçümü için birkaç standart test yöntemi vardır. Kaldırma verimliliği, hava temizleyici performansının değerlendirilmesi amacıyla genellikle statik olarak kabul edilir; ancak, bu zayıf bir varsayım olabilir. Birçok sistemde, hava hızı, iklimlendirme ve havalandırmayı kontrol etmenin bir yolu olarak kasıtlı olarak veya değişen bileşen basınç düşüşü (yani ortam filtresi yüklemesi) nedeniyle kasıtsız olarak değişir. Ayrıca, partikülleri çıkarmayı amaçlayan ortam filtrelerinin, biriken partiküller filtrasyon ortamı eklemeye hizmet ettiği için yüklendikçe performansı iyileştirebileceği [9]-[10].

Bu azalmalar, filtrasyon verimliliğini iki veya daha fazla faktör azaltabilir ve her ikisi de nadiren bilinen toz yüklemesinin miktarına ve bileşimine bilinmeyen şekillerde bağlı olduklarından değerlendirilmesi karmaşıktır.

Flüoresan lambalar gibi ultraviyole ışıklar, yaşlandıkça veya kirlendikçe veriminde düşebilir ve mikroorganizmalara verilen radyasyon dozunda bir düşüşle karşı karşıya kalabilir [5].

Çoğu durumda, cihaz ömürleri ve/veya temizleme prosedürleri hakkında bazı bilgilere sahibiz, ancak hizmet içi bir hava temizleyicisinin verimliliği, yerinde bir ölçüm olmadan genellikle bilinmemektedir (Stephens ve Siegel, 2012). Bazı hava temizleme test standartları (partikül filtrasyonu için ASHRAE Standardı 52.2-2012 gibi), hava temizleyicilerini temiz ve toz yüklü koşullarda test etmeyi içerir, ancak standartlarda kullanılan yükleme tozunun gerçek ortamlarda karşılaşılan zorluklarla benzerliği konusunda açık sorular vardır. Verimlilik, hava temizleyicinin nasıl kurulduğu ve bakımının yapıldığına göre daha da düşebilir [11].

Bilinen bir hava temizleyici verimliliği bile, hava temizleyici performansının tam bir resmini vermez. Bir hava temizleyicinin çıkarma oranını diğer kayıp mekanizmalarıyla (havalandırma ve biriktirme gibi) karşılaştırmak için, hava temizleyiciden geçen hava akış hızının ürünü ve verimliliği daha ilgili bir parametredir. Diğer terimlerin yanı sıra genellikle temiz hava dağıtım hızı (CADR) olarak adlandırılan bu terim, hava temizleyici performansının gerçek bir iç ortam bağlamına yerleştirilmesine olanak tanır. Böylece akış, hava temizleme performansını optimize etmek için verimliliğe alternatif bir parametre sağlar ve verimlilik kadar (gürültü ve fan enerjisi kullanımı gibi pratik konular dışında) sınırlı

olmama avantajına sahiptir. CADR, tipik olarak, portatif hava temizleyicileri için bir kirletici bozunma testi ile doğrudan ölçülür ve baypas da dahil olmak üzere çeşitli sorunlar nedeniyle akış hızı ve verimlilik ürününden farklılık gösterebilir. Merkezi hava temizleyicileri için CADR tanımı, fan ve hava temizleyicinin ayrı ekipman parçaları olması ve hava temizleyicinin daha büyük bir dağıtım sisteminin bir bileşeni olması nedeniyle karmaşıktır. Bu nedenle, CADR genellikle merkezi sistemler için sisteme özgüdür. Verimlilik gibi, akış da belirli bir sistemde büyük ölçüde değişebilir. Birçok portatif hava temizleyicide, kullanıcı akış miktarını ayarlayabilir. Bazı ticari sistemlerde, daha az fan enerjisi ile termal ve havalandırma koşullarını korumak için değişken bir hava hacmi yaklaşımı kullanılır. Çoğu konut ve bazı ticari sistemlerde, iklimlendirme sistemi termostatın ihtiyaçlarını karşılamak için açılır ve kapanır. Partikül ortam filtreleri yüklendikçe basınç düşüşünde artış gösterir ve bu genellikle akışta bir azalmaya yol açar. Bu nedenle, CADR'nin doğru bir değerlendirilmesi, bir hava temizleyicisinin hem akışı hem de verimliliği hakkında doğrudan bir ölçüm veya bilgi gerektirir. CADR bilindiğinde, bir hava temizleyicisinin performansı, bir kütle dengesi veya alternatif modelleme yaklaşımı kullanılarak belirli bir ortamdaki konsantrasyonları değerlendirmek için kullanılabilir. Hava temizleyici performansını karakterize etmenin bir yolu, Denklem 2'de gösterildiği gibi etkinliği, [12].

$$H = 1 - \frac{C_{ac}}{C_{no\ ac}} = 1 - \frac{L_{no\ ac}}{L_{ac}} \quad (2)$$

Burada C konsantrasyon, L kayıp oranıdır ve ac ve ac no alt simgeleri sırasıyla bir hava temizleyicinin varlığına veya yokluğuna işaret eder.

$$H = 1 - \frac{\lambda + \beta}{\lambda + \beta + \frac{CADR}{V}} \quad (3)$$

$$H = 1 - \frac{\lambda + \beta}{\lambda + f \frac{Q_r}{V} \eta_c + \beta} \quad (4)$$

Denklem 3 ve 4, sırasıyla portatif ve merkezi hava temizleyiciler için havalandırma ve tortu kaybının yanı sıra hava temizleyicilerin kaybı dikkate alınarak Denklem 2'nin örnekleridir. Burada k havalandırma kayıp oranıdır, b birikme kaybı oranıdır, V ortamın hacmidir, f merkezi sistem açık kalma süresi oranıdır, Q_r merkezi sistemden geçen hava akış hızıdır ve β merkezi hava temizleyicisinin kaldırma verimi. Denklem 3 ve 4, zaman ortalamalı kütle dengesine dayalıdır ve ilgili varsayımlara tabidir (iyi karıştırılmış ortam, sabit hava

yoğunluğu ve sabit ve birbiriyle ilişkisiz parametreler). Denklem 3 ve 4 ayrıca sadece havalandırmadan kaynaklanan kayıpları ve yüzeylere (hava temizleyicisine ek olarak) birikmeyi hesaba katar ve burada mekanik havalandırması olmayan basit bir HVAC sistemi için ifade edilir. Denklem 3, taşınabilir bir hava temizleyicinin etkili olabilmesi için diğer kayıp mekanizmalarıyla rekabet etmesi gerektiğini ve düşük CADR'li birçok hava temizleyicinin hedefledikleri iç mekan kirleticisinde büyük bir azalmaya neden olma ihtimalinin düşük olduğunu göstermektedir.

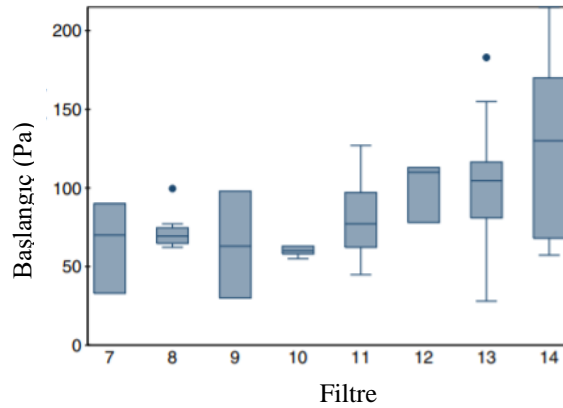
Altta yatan teknoloji ve hedef kirletici ne olursa olsun, herhangi bir taşınabilir hava temizleyici, daha yüksek havalandırma hızı veya diğer artan kayıplar olan bir ortamda daha az etkili olacaktır. Merkezi hava temizleyicileri (Denklem 4) tipik olarak büyük akış hızlarının avantajına sahiptir. [13]

1.2.3.3. Hava Temizleyicilerinin İkincil Etkileri

Akademik ve pratik odağın çoğu hava temizleyicilerinin birincil etkilerine odaklansa da, hava temizliğinin bütünsel bir anlayışı için gerekli olan birçok ikincil etki vardır. Kirletici azaltma yaklaşımı olarak hava temizleme ile havalandırmayı karşılaştırma amacıyla, temel parametrelerden biri bir hava temizleyicisinin kullandığı enerji miktarıdır. İç mekân hava kalitesini iyileştirme perspektifinden, hava temizleyicileri ve hava temizleme süreçleri, çalışmalarının yan ürünlerini de yayabilir. Temel olarak, hava temizleyicileri bir hava akımından kirleticileri çıkarmaya hizmet eder ve böylece bu kirleticileri yeniden yayabilir veya kimyasal reaksiyonlar veya mikrobiyolojik büyüme için bir alan olarak hizmet edebilir. Bu bölümün amacı, bu ikincil etkileri daha derinlemesine incelemektir. Bir hava temizleyicinin enerji kullanımının iki ana yolu vardır: bir fanın veya başka bir hava hareketi cihazının çalıştırılması ve enerjinin hava temizleme işlemi için doğrudan kullanılması. Taşınabilir bir hava temizleyici söz konusu olduğunda, bu işlemler birlikte çalışır ve enerji kullanımını değerlendirmek nispeten basittir. Elektrik gücü çekişine bölünen CADR olarak tanımlanan enerji etkinliğinin, düşük akışlı portatif bir panel filtre için sıfıra yakın ile portatif yüksek verimli partikül hava için 4,6 m³ /h/W arasında değiştiği gösterilmiştir. Böylece portatif hava temizleyicileri için enerji maliyeti, kirleticilerin uzaklaştırılması bağlamında doğrudan değerlendirilebilir. Merkezi hava temizleyicilerinin enerji etkileri önemli ölçüde daha karmaşıktır. Ortaya çıkan ilk sorun, merkezi sistemlerde kullanılan fanların

çeşitliliğidir. HVAC sistemlerinde çeşitli fan tasarımları ve motorlar kullanılmaktadır ve her fanın farklı bir performans eğrisi vardır. Bir sistemin basınç dağılımındaki bir değişiklik, bir dizi faktöre bağlı olarak fan tarafından kullanılan enerji üzerinde büyük veya küçük bir etkiye sahip olabilir [14].

İkinci bir konu, fan hızı için kontrol stratejisidir. Bazı sistemler (çoğu konut ve bazı ticari sistemler) fan hızını aktif olarak ayarlamaz. Bu nedenle, daha yüksek basınç düşüşüne sahip bir hava temizleyicinin takılması, hava akışının azalmasına ve fan güç çekişinin azalmasına yol açacaktır. Diğer sistemler, daha büyük bir basınç düşüşüne sahip bir hava temizleyici ile karşı karşıya kaldıklarında akışı korumak için fan hızını ve güç çekişini artıracak bir fan hızı kontrolüne sahiptir. Bu nedenle, hava temizleyici basınç düşüşüyle ilişkili herhangi bir enerji etkisinin hem işareti hem de büyüklüğü hem fana özel hem de hava temizleyicisine özeldir. Ek olarak, geleneksel olarak hava temizleyicinin bir HVAC sisteminde baskın basınç düşüşü olduğu varsayılır. Şekil 3, verimlilik kategorilerine ayrılmış 91 ortam filtresinin basınç düşüşünü göstermektedir (veriler, Zaatari ve diğerleri, 2014'te özetlenen çeşitli kaynaklardan alınmıştır) [15]. Artan filtre verimliliği ile medyan filtre basınç düşüşünde belirgin bir artış eğilimi olmasına rağmen, özellikle daha yüksek verimlilik kategorileri için, kategoriler arasında açık bir örtüşme vardır ve basınç düşüşünde istatistiksel olarak anlamlı farklar yoktur. Bu eğilimler, çok ince ortam kullanan, ancak en üst düzeye çıkarmak için derin kıvrımlara sahip olan daha yeni filtre tasarımları ile daha da ilerlemektedir.



Şekil 3. Verimlilik kategorisinin bir fonksiyonu olarak temiz filtre basınç düşüşü

Yukarıdaki tartışma büyük ölçüde fanın enerji tüketimine odaklanmaktadır. Fan hızı kontrolü olmayan sistemlerde, akıştaki bir değişiklik, özellikle soğutma sistemleri için şartlandırma kapasitesi ve verimliliği üzerinde bir etkiye sahip olabilir

1.3.3. Patent Araştırması

Mucidinin Gravener, Raymond Desborough, Northamptonshire NN14 2NP (GB) olduğu basım tarihi 07.09.2016 Bülten 2016/36 olan başvurusunu Beacon International Limited Northamptonshire NN14 2LX (GB) şirketinin yaptığı 16000541.9 başvuru numaralı patent;

- patentimages.storage.googleapis.com/7d/8b/25/03577d46aac5b2/EP3064949A1.pdf

Mucitlerinin Holger Behns, Barsbuttel (DE); Enrico Gand. Buchen (DE): Linda HeckHamburg (DE), Ralf Zingler, Molin (DE) olduğu patent tarihi 06.07.2010 olan Fette GmbH. Schwarzenbek (DE) şirketinin devraldığı US 7,749,053 B2 numaralı patent;

- patentimages.storage.googleapis.com/a3/c2/0d/9bc462cfd7c4d/US7749053.pdf

Mucidinin Cedo Marusic olduğu basım tarihi 11.04.2006 olan US7025812B2 numaralı patent;

- <https://patents.google.com/patent/US7025812B2/en>

Mucitlerinin Hao-Jan Mou, Ta-Wei Hsueh, Shih-ChangChen, Li-Pang Mo, Ching-Sung Lin, Yung-Lung Han, Chi-Feng Huang, Hsuan-Kai Chen olduğu 21.02.2019 basım tarihli US20190056125A1 numaralı patent;

- <https://patents.google.com/patent/US20190056125A1/en>

1.4. Projenin Önemi ve Dikkat Edilmesi Gereken Koşullar

Projenin prototip üretimi yapılmadan önce yapılan tasarımda her ortamda havayı temizleyebilecek şekilde tasarlanmak istenmiştir. Bu bağlamda hava kalitesinin önemli olduğu ve standartlarca belirtilmiş olan en önemli yerin hastaneler olduğu belirlenmiştir. Üretilen prototipin hastanelerde çalışmaya uygun olması için uyulması gereken standartlar vardır.

1.4.1. Temiz Oda Standartları

Hastane yönetimi hijyen odalar yapmaya karar verdiği aşamada, yapılacak sistemin uluslararası kalite standartlarına haiz olduğunu bilmelidir. Her hijyen oda için ayrı mühendislik hesapları ve tasarlanan hijyen oda, klima tesisatının verimliliğini ve konforunu amaçlayan testler ve bu testlerin sonuçlarını kontrol edebileceğimiz standartlar mevcuttur. Türkiye’de bu konu ile ilgili Türk standartları oluşturulmadığı için dünyadaki mevcut standartlardan faydalanılmaktadır. Bunlar:

1) Alman DİN 1946/4, VDI 12167, VDI 12080, VDI 2083

2) Amerikan Federal Standartları FS 209 E

3) Bu standartların birleşimi ISO 14644 standardı bu standartlarda belli metreküp içerisinde ne kadar partikül olması gerektiği anlatılmaktadır ve tabloları mevcuttur. ISO 14644-1 standartlarına göre partikül konsantrasyonu şöyledir:

- Class 2: Nano teknoloji laboratuvarları ve ilaç üretim tesisleri
- Class 3: Hassas Ameliyathaneler
- Class 4: Normal Ameliyathaneler
- Class 5: Yoğun Bakım Reanimasyon
- Class 6: Koridorlar, Poliklinikler, hasta odaları

4) BS 5295(İngiliz Standartları)

5) SWKI-Guideline 99-3

6) ASHRAE 2003 Handbook HVAC Applications Operating Rule yönergeleri

7) DİN N 1886, USA SMACNA

TSE tarafında DİN 1946-4'ün 1989 yılı versiyonu Türkçe 'ye çevrilerek yayınlanmıştır. Ancak 1999 yılında DİN 1946-4 standardının yeni versiyonu yayınlanmıştır. En son Nisan 2005'te DİN 1946-4 değişen veriler doğrultusunda tekrar yayınlanmıştır.

1.4.2.Hiyyen Oda Kalite Parametreleri

Standartlarda belirtilen parametreler:

1) Sıcaklık 18 derece ile 25 derece arasında ayarlanabilmelidir.

2) Bağıl nem %40-%60 arasında ayarlanabilmelidir.

3) Laminer akışta hepa filtre üzerindeki hız 0.20 m/s ile 0.35 m/s arasında değişmelidir. 0.20m/s-0.22m/s akış hızı yanık tedavi ünitelerinde kullanılmaktadır. 0.35m/s'den daha yüksek hız rüzgâr hızı etkisi yapıp, operasyon ekibinin boyunlarının tutulmasına yol açmaktadır. Ayrıca türbülansa sebep olabilir. Temiz odalar, içlerindeki havanın temizlik düzeyine göre sınıflandırılır. Temiz oda sınıfı, hava hacmi başına partikül miktarına ve boyutuna göre odanın uyduğu temizlik düzeyidir. ABD ve Kanada'daki birincil otorite, ISO sınıflandırma sistemi ISO 14644-1'dir. Bu standart ISO 1, ISO 2, ISO 3, ISO 4, ISO 5, ISO 6, ISO 7, ISO 8 ve ISO 9 temiz oda sınıflarını içerir; ISO 1 "en temiz" ve ISO 9 "en kirli" sınıftır (ama yine de normal bir odadan daha temiz). En yaygın sınıflar ISO 7 ve ISO 8'dir. (Federal Standart 209 (FS 209) eşdeğer sınıflar sırasıyla Sınıf 10 000 ve Sınıf 100 000'dir.)

ISO 14644-1	FS 209
Classes	
ISO 3	1
ISO 4	10
ISO 5	100
ISO 6	1,000
ISO 7	10,000
ISO 8	100,000

Tablo 1. ISO 14644-1 Sınıfları**Tablo 2.** ISO 14644-1 Standartları

ISO sınıf. No	0.1 micron/m ³	0.2 micron/m ³	0.3 micron/m ³	0.5 micron/m ³	1 micron/m ³	5 micron/m ³
ISO1	10	2				
ISO2	100	24	10	4		
ISO3	1.000	237	10	35	8	
ISO4	10.000	2.370	1.020	352	83	
ISO5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29
ISO6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO7				352.000	83.200	2930
ISO8				3.520.000	832.000	29300
ISO9				35.200.000	8.320.000	293000

Temiz oda standartlarının temeli, filtrelenecek parçacıkların boyutu olan mikrometre veya kısaca mikrondur (μm). Daha önce de belirtildiği gibi, temiz odalar, hava hacmi başına partikül miktarına ve boyutuna göre havanın ne kadar temiz olduğuna göre sınıflandırılır.^[9] Aşağıdaki temiz oda sınıflandırma tablosu, gösterilen dikkate alınan boyutlara eşit ve daha büyük partiküller için maksimum konsantrasyon limitlerini (partiküller / m^3 hava) göstermektedir

Bazı sınıflandırmalar belirli partikül boyutlarının test edilmesini gerektirmez çünkü ilgili konsantrasyonlar test edilemeyecek kadar düşük veya çok yüksektir, ancak sıfır olmamalıdır [16].

Tablo 3. Temizlik sınıfı limitleri

TEMİZLİK SINIFI		TEMİZLİK SINIFI LİMİTLERİ									
		0.1 μm Birim Hacimler		0.2 μm Birim Hacimler		0.3 μm Birim Hacimler		0.5 μm Birim Hacimler		5 μm Birim Hacimler	
SI	English	m^3	(ft ³)	m^3	(ft ³)	m^3	(ft ³)	m^3	(ft ³)	m^3	(ft ³)
M1		350	9.91	75.7	2.1	30.9	0.88	10	0.283	-	-
M1.5	1	1.240	35	265	7.5	106	3.00	35.3	1	-	-
M2		3.500	99.1	757	21.4	309	8.75	100	2.83	-	-
M2.5	10	12.400	350	2.650	75	1.060	30.00	353	10	-	-
M3		35.000	991	7.570	214	3.090	87.50	1.000	28.3	-	-
M3.5	100	-	-	26.500	750	10.600	300.00	3.530	100	-	-
M4		-	-	75.700	2.140	30.900	875.00	10.000	283	-	-
M4.5	1.000	-	-	-	-	-	-	35.300	1.000	247	7
M5		-	-	-	-	-	-	100.000	2.830	618	17.5
M5.5	10.000	-	-	-	-	-	-	353.000	10.000	2.470	70
M6		-	-	-	-	-	-	1.000.000	28.300	6.180	17.5
M6.5	100.000	-	-	-	-	-	-	3.530.000	100.000	24.700	700
M7		-	-	-	-	-	-	10.000.000	283.000	61.800	1.750

1.4.3.Hava Kirliliği ve Sterilize

Kirlilik: Kirliliğe neden olan kaynaklar iki ana grupta toplamak mümkündür bunlar canlı ve cansız kirleticiler olarak sınıflandırılır.

- Canlı Kirleticiler;

Genellikle mikro organizmalar olarak tanımlanan bakteriler, mantarlar, virüsler bu gruba girerler. Mikro organizmalar havada, suda ve özellikle çatlak ve pürüzlü yüzeylerde koloni halinde yaşamlarını sürdürebilmektedirler. En büyük canlı kirletici kaynağı insandır. Örnelemek gerekirse insan vücudundan dakikada 1000 adet bakteri ve mantar yayılmaktadır.

- Cansız Kirleticiler;

Atmosferdeki cansız uçucu maddeler rüzgâr, deprem veya volkanik patlama sonucu doğal kuvvetler ile ortaya çıkmaktadır. Genellikle bu uçucular 100 µm'den büyük ise toz olarak tanımlanırlar. Günümüzde sanayileşme ve kentleşmenin sonucu atmosferdeki cansız uçucu maddelerin niteliği de değişmeye başlamıştır; endüstriyel proseslerden, binaların ısıtma sisteminden araçların egzozlarından çıkan duman partikülleri önem kazanmıştır. Temiz oda uygulamalarında atmosferik kirliliğin yanı sıra temiz oda içerisinde çalışan hareketli makina parçalarından sürtünme ile gelen uçucu maddeleri ve yine temiz oda içerisinde çalışan dakikada 100.000 adet 0,3 µm büyüklüğünde uçucu madde üreten insan faktörünü unutmamak gerekir.

- Steril (Sterile);

Üretilen ürün ve cihazlarda canlı kirleticilerin olmaması, başka bir deyişle mikro organizmaların olmaması şeklinde tanımlanır.

- Sterilizasyon;

Üretilen ürünün veya cihazın steril yapılması prosesidir. Yani mikro organizmaların yok edilmesi veya uzaklaştırılmasıdır.

2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1.Genel Tasarım Bilgileri

Bu bitirme projesi kapsamında yaygın kullanıma imkân sağlayacak, pratik ve taşınabilir, etkin bir hava temizleme ve dezenfeksiyon ünitesi için tasarım ve prototip üretimi yapılmıştır. Hava temizleme ünitesinde; tasarımda yapılan seçimlere uygun bileşenler temin edilerek ahşap bir kabin içerisinde UV destekli çalışacak şekilde montaj yapılmıştır. Sistemin en önemli avantajı tekerlekli ve taşınabilir şekilde hafif olması, sessiz çalışmasıdır.

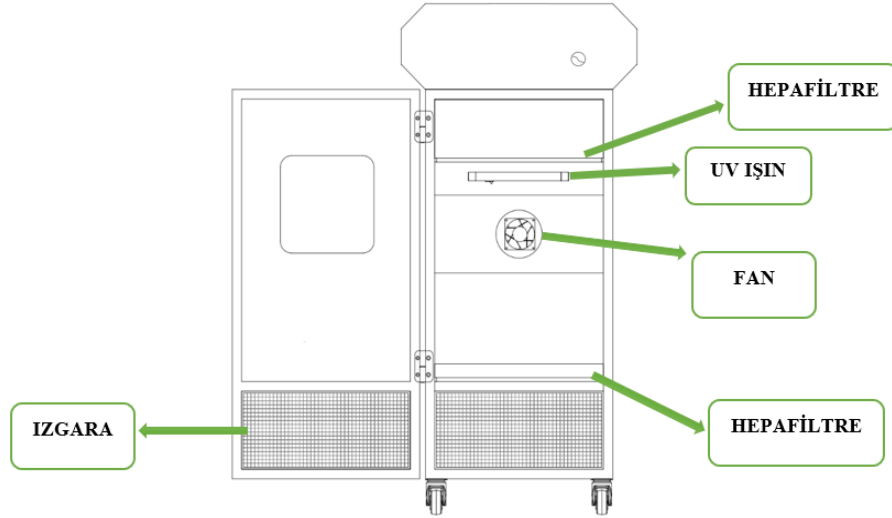


Şekil 4.Prototip

Cihaz tasarımı yapılırken hava kalitesi ve sızdırmazlık için hava kaçağı olabilecek noktalarda sızdırmazlık lastikleri kullanılmıştır. Oluşacak sızmalarda ortamın hava kalitesi etkileneceği için sızdırmazlığa önem gösterilmiştir. Tasarımda da görüldüğü üzere hava ızgaraları alt emiş noktasında mümkün oldukça çok yönlü tasarlanmıştır. Tasarımın bu şekilde yapılmasının sebebi mümkün olabildikçe çok noktadan hava emişi sağlamaktır. Üst ızgaralarda ise çokgen yapısında bir tasarım benimsenmiştir bunun sebebi temizlenen havanın ortamın her noktasına ulaşmasını sağlamaktır. Alt ızgaraların üstünde H13 hepa filtre ve onun da üstünde iki adet fan motoru bulunur. Sistemde kullanılan fanlar ortamın ses kalitesini etkilemeyecek şekilde seçilmiştir. Üst tarafta kullanılan rezistanslı fan

istenildiği takdirde soğuk günlerde sıcak hava üfleyebilir bu sayede havayı temizlerken aynı zamanda ortamı da ısıtabilir. Fanların üst tarafında hepa filtreden geçebilecek kadar küçük olan virüsleri inaktive etmek için UV ışın kullanılmıştır. UV ışınında üst tarafında tekrar H13 hepa filtre vardır.

Hayata geçirilen proje istenilen ortama göre farklı boyutlarda ve ihtiyaca göre tasarlanabilecek olup, gerekli standartlara göre üretilmiştir.



Şekil 5. Prototip

Tablo 4. Cihaz özellikleri

Dış Boyutlar (mm)		300 × 300 × 600
Hava Akım Debisi (m^3/h)		1500 (m^3/h)
Hava Akım Tipi		Laminer
Çıkış Hava Akım Hızı		0.1-0.5 ($\frac{m}{s}$)
Çıkış Hava Temizlik Sınıfı	EN ISO 14644-3	< ISO 8
	US FED 209E	< Class 100000
Enerji Tüketimi	Fan Filtre Ünitesi	200 W
	UV Lamba	30 W
Filtreler	Alt Filtre	H 13
	Üst Filtre	H 13
Ürün Ağırlık		10 kg

2.1.1. Kasa

Kasa malzemesi olarak ahşap seçilmiştir. Kullanılan ahşabın kalınlığı 8mm'dir. Montaj yapılmadan önce prototip ölçülerine göre ahşap kestirilmiştir daha sonra ahşap yapıştırıcısıyla montajı yapılmıştır. Ahşap yapıştırıcısıyla montajlanmasının sebebi güzel bir görünüm elde etmek ve daha önemlisi sızdırmazlıktır. Kaliteli ve daha şık bir görünüm kazandırmak için ahşabın yüzeyi zımparalanıp boyanmıştır.



Şekil 6. Kasa Montajı



Şekil 7. Kasanın boyanmış hali

2.1.2. UV Işın

UVC ışığı dalga boyu 200-280 nm (nanometre) arasındaki mor ötesi ışınlarıdır. Dezenfektan için ışığın dalga boyu 253.4 nm'dir. Bu dalga boyundaki UVC lambaları aseptizörlerde sterilizatör olarak kullanılmaktadır ve mikroorganizmaların DNA yapısını bozarak onları etkisiz hale getirmektedir. UV-C'den verilen ışının enerji ölçümü mikrowatt olarak yapılır. Bu inaktivasyon enerjisi ışığın şiddeti ve ışınlama süresinin çarpımının ışın verilen alana bölünmesiyle elde edilir.

UV ışın dezenfeksiyon işleminde hayati öneme sahip olduğundan dolayı tedarik ederken kaliteli bir UV ışın tercihi yapılmıştır. UV ışın 0,3 mikron boyutundan küçük olan bakteri ve virüsleri in aktive eder.



Şekil 8. UV Lamba

2.1.3. Hepa Filtre

Hava kalitesinin artırılmasında belirleyici rol oynamaktadırlar. Filtreler basit yapılarına rağmen çok hassas ve standartlara uygun olarak üretilmelidir. Dış ortamdaki tozlar, partiküller, mikroorganizmalar vb. istenmeyen cisimleri mükemmel şekilde tutmak ve filtreleri verimli kullanmak için kademeli filtre uygulaması yapılmalıdır.

- Ameliyathane hijyen cihazlarında filtre kullanımı kademeli olarak sıralanmalıdır.
- Önce kaba toz filtreleri: G1, G2, G3, G4 (kaset tipi)
- Akabinde ince toz filtreleri: F5, F6, F7, F8, F9
- En son hepafiltreler veya ulpafiltreler
- Hepafiltreler: H10, H11, H12, H13, H14
- Ulpafiltreler: U15, U16, U17

Paket hijyen klimalarda ve aseptizörlerde bu kademelere ek olarak ultraviyole sistem, bioksijen sistemi ve uvion sistemleri filtrelerde tutulamayan virüslerin yok edilmesi için kullanılır. Enfeksiyonlu septik operasyon odalarında hava dışarı atılırken H13 filtreler kullanılmalı, diğerlerinde ise F5 veya F6 kullanılmalıdır.



Şekil 9. Filtre

2.1.3.1.Filtre Kaliteleri

Hava akımına karşı direnci, partikül tutabilme kabiliyeti ve planlanan çalışma ömrünü zamanında doldurması filtrenin kaliteli olduğunu gösterir. Atmosferdeki havanın içerisindeki küçük partiküllerin filtre tarafından ne oranda tutulduğu önemlidir. Buna ASHRAE Toz Lekeleme Verimi denmektedir. Kaba toz filtreleri (G1, G2, G3, G4) de ortalama tutuculuk değeri ASHRAE test tozu ile yapılır. EN 779’da aynı yöntem kullanılır. İnce toz filtreleri (F5, F6, F7, F8, F9) de test havasındaki partiküller filtre giriş ve çıkışında ayrı ayrı sayılarak verimlilik belirlenir. Burada DEHS test aerosolü kullanılır. Boyut aralığı 0.2µm-0.5µm’dir. Ortalama 0.4µm değerindeki verimlilik göz önüne alınır. Havadaki büyük boyutlu partikülleri tutma işleminin ölçülmesine; ortalama ASHRAE Tutma Verimi (Em) adı verilir. Her iki ASHRAE ölçümleri yüksek ve düşük verimli filtreleri belirler.[16]

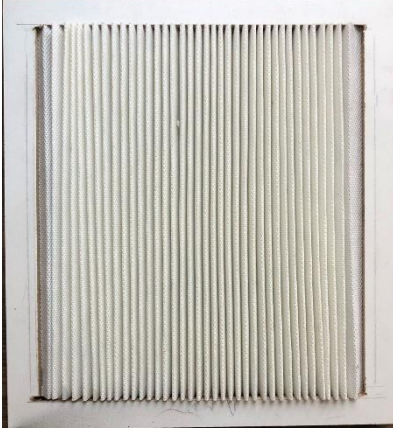
Tablo 5. MPPS’ye Göre Hepafiltre ve Ulpafiltre Verimlilikleri

H10	Hepafiltre	≥85
H11	Hepafiltre	≥95
H12	Hepafiltre	≥99.5
H13	Hepafiltre	≥99.95
H14	Hepafiltre	≥99.995
U15	Ulpafiltre	≥99.9995
U16	Ulpafiltre	≥99.99995
U17	Ulpafiltre	≥99.999995

Tablo 6. EN 779 sınıfı Filtre Verimlilikleri

Filtre Tipi	EN 779 Sınıfı	Ortalama Toz Tutuculuk Am %	Ortalama Verim %4µm %	Basınç Düşümü
Kaba Toz Filtreler	G1	50≤Am<65	-	250
	G2	65≤Am<80	-	250
	G3	80≤Am<90	-	250
	G4	90≤Am	-	250
İnce Toz Filtreler	F5	-	40≤E<60	450
	F6	-	60≤E<80	450
	F7	-	80≤E<90	450
	F8	-	90≤E<95	450
	F9	-	95≤E	450

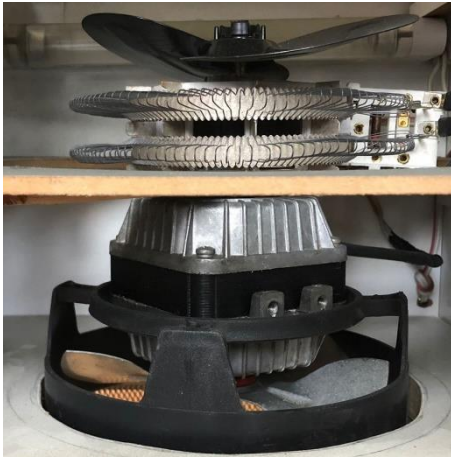
Hepa filtreler tasarım yapılırken belirlenen standartlara göre H13 olarak seçilmiştir. Tasarladığımız cihaza uygun boyutlarda üretimi yapılmış hepa filtre olmadığından dolayı hepa filtre kağıdı tedarik ederek kendi tasarımımıza uygun olarak üretimini yaptık. Kasa imalatında kullandığımız ahşap dan arta kalan parçalardan hepa filtre kağıdı için bir kasa yaparak bu kasa içerisine hepa filtre kağıdını silikon vasıtasıyla kenarlarından kasaya yapıştırıldı. Kullanılan hepa filtre 0,3 mikrondan büyük bakterileri in aktive eder.



Şekil 10. Üretilen Hepa filtrenin üstten ve yandan görünüşü

2.1.4. Fan Motoru

Proje tasarımı yapılırken hesaplanan değerlere uygun fan motoru seçilmiştir. Seçilen fan motorunun saatlik yapabileceği hava değişim sayısı $1500 \left(\frac{m^3}{h} \right)$ dir.



Şekil 11. Fan motorlarının fotoğrafları

2.2.Mühendislik Hesap ve Analizleri

2.2.1. Oda Sınıfının Belirlenmesi

Tasarlanacak sistemin hangi oda sınıfında etkili olduğunu hesaplamak için ISO 14644-1 bir yöntem belirtmiştir. Sınıflandırma aşağıdaki yönteme dayanmaktadır.

$$Cn = 10^N \times \left[\frac{0.1}{D} \right]^{2.08}$$

Cn = Havada taşınan parçacıkların izin verilen maksimum konsantrasyonudur.

$N=9$ değerini aşmaması gereken ISO sınıflandırma numarasıdır.

$D= \mu m$ cinsinden kabul edilen parçacık yoğunluğudur.

Yapılan işlem sonucunda tasarlanacak sistemin ISO 8 standartlarına uygun olduğu görülmüştür.(Tablo 2.)

2.2.2. Toplam Hava Değişim Sayısının Hesaplanması

Tasarlanacak sistem ISO 8 standartları çerçevesine uygun olarak tasarlanacaktır. Tasarlanacak cihazın etki hacmi maksimum $60 m^3$ olarak belirlenmiştir. ISO 8 standartlarına göre çevrim sayısı minimum 10, maksimum 25 olarak olacak şekilde belirlenmiştir. Bu veriler bilindiğine göre cihazın bir saat içindeki yapabileceği toplam hava değişim kapasitesi hesaplanabilir.

Maksimum çevrim sayısı \times Hacim(m^3)= Toplam hava değişimi (m^3/h)

$25 \times 60(m^3) = 1500 \left(\frac{m^3}{h} \right)$ olarak bulunur.

2.2.3. Ortamda Negatif Basınç Oluşturmak İçin Dışarıya Atılması Gereken Hava Miktarı

Yönetmelik gereği negatif basınç odalarında minimum 12 Pa basınç farkı istenmektedir bu farkı yaratmak için ideal gaz kanundan yararlanarak gerekli hesaplamaları yapabiliriz [11].

Oda iç basıncının tespitinde yararlanılan ideal gaz kanunu eşitlik açılımı:

$$P V = M R T$$

$$P = \text{Mutlak basınç, (Pa) ,}$$

$$M = \text{Gaz kütlesi, (Kg) ,}$$

$$R = \text{Evrensel gaz sabiti, 287 (J/Kg - K) ,}$$

$$T = \text{Mutlak sıcaklık, (K) ,}$$

Bu denklemde 15 Pa basınç farkı yaratmak için hesaplamalar yapılırsa,

Toplam çevrim yapılan havanın $770 (m^3/h)$ kısmı dışarı egzoz edilerek gerekli olan 15 Pa basınç farkı yaratılabilir.

İzolasyon odasında hava sızması durumu olmadığı kabul edilmiştir.

2.2.4. Akış Rejiminin Belirlenmesi

Bir akışkanın boru içindeki akışı laminar veya türbülanslı akış olabilir. Laminer akıştan türbülanslı akışa geçiş, diğer faktörlerin yanında geometriye, yüzey pürüzlülüğüne, akış hızına, yüzey sıcaklıklarına ve akışkan türüne bağlıdır. Akışın türünü belirlemek için Reynolds sayısı olarak adlandırılan boyutsuz sayıyı hesaplamak gerekir. $Re = \rho V L / \mu$ şeklinde tanımlanır. Burada L akışı karakterize eden bir uzunluk olup, dairesel kesitli boru halinde boru çapı D'ye eşittir. Dairesel kesitli olmayan boru ve kanallarda ise D yerine D_h ile ifade edilen hidrolik çap kullanılır. Hidrolik çap $D_h = 4A / \Ç$ ifadesiyle tanımlı olup, A boru veya kanalın akışa dik kesitini ve $\Ç$ ise akışın ıslattığı (yaladığı) çevreyi

göstermektedir. V ortalama akış hızını ($= m / \rho A$) , m akışın kütleli debisini, ρ ve μ ise sırasıyla akışkanın yoğunluğunu ve dinamik (mutlak) viskozitesini ifade etmektedir.

$$Dh = \frac{4L}{2L+2W} = \frac{2LW}{L+W}, \text{ Formülü yardımıyla hidrolik çap hesabı yapılırsa,}$$

$$Dh = 0,947 \text{ m , olarak bulunur.}$$

$$A = \pi R^2 / 4, \text{ Formülü yardımıyla alan hesabı yapılırsa,}$$

$$A = 0.705 \text{ m}^2, \text{ olarak hesaplanır.}$$

Reynolds sayısını hesaplamak için ortalama hızı da hesaplamamız gerekir. Toplam hava çevrim sayısını bildiğimize göre ortalama hız için aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

$$Q = V \times A ,$$

$$Q = \text{Debi (m}^3/h),$$

$$V_{ort} = \text{Hız (} \frac{m}{s}),$$

$$V_{ort} = \frac{Q}{A} ,$$

$$V_{ort} = 0,591 \left(\frac{m}{s} \right), \text{ olarak hesaplanır.}$$

Ortalama hız ve hidrolik çap hesaplandığına göre Reynolds sayısı artık hesaplanabilir.

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} ,$$

$$V = \text{Hız (} \frac{m}{s}),$$

$$D = \text{Karakteristik mesafe,}$$

$$\rho = \text{Akışkan yoğunluğu,}$$

$$\nu = \text{Kinematik viskozite,}$$

μ = Dinamik viskozite,

Değerler denklemde yerine yazılırsa,

Re= 3302.64, olarak hesaplanmıştır.

Bu durumda akış giriş şartlarına bağlı olarak akış şekli ne tam laminar ne de türbülantı olmayıp, bu aralıktaki akış genellikle geçiş bölgesi diye adlandırılmaktadır.

3.MALİYET HESABI

Projede kullanılan sistem bileşenleri piyasada mevcut ürünler araştırılarak uygun şekilde seçim yapılmıştır. Döner tekerlek, fan, fanlı ısıtıcı, UV ışın, boya, menteşe, kulp piyasadan hazır şekilde temin edilmiştir. Dış gövde için boya ve MDF gerektiği kadar temin edilerek kullanılmıştır. Hepa filtre uygun ölçülere göre imal edilmiştir. Proje ürününün toplam malzeme maliyeti 1062 TL olup, sisteme ait bileşenlerin maliyetleri topluca Tablo 7’de görülmektedir.

Tablo 7. Maliyet hesabı

BİLEŞEN	ADET	BİRİM FİYATI	FİYAT
Döner Tekerlek	4	10,00 TL	40,00 TL
H13 Hepa Filtre	2	40,00 TL	80,00 TL
Izgara 50*200	1	20,00 TL	40,00 TL
Fan	1	150,00 TL	150,00 TL
Fanlı Isıtıcı	1	80,00 TL	80,00 TL
UV Işın	1	155,00 TL	155,00 TL
MDF 210*280	3	133,00 TL	400,00 TL
Boya	4	25,00 TL	100 TL
Menteşe	2	3.50 TL	7.00 TL
Kulp	1	10.00 TL	10.00 TL
TOPLAM MALİYET		1062,00 TL	

Tabloda da görüldüğü gibi, sistemde en önemli maliyeti 400 TL ile MDF levha için olup, detaylı bir piyasa araştırması ile ortaya çıkan malzeme maliyetinin biraz daha aşağı çekilmesi mümkündür. Seri üretime geçilmesi durumunda işletme ve işçilik gibi maliyetler olacaktır. Ancak detaylı bir piyasa araştırması ile sistemde kullanılan ekipmanların toplu alımı ve filtre gibi hazır tedarik edildiği zaman önemli maliyetler çıkaran sistem elemanlarının üretilmesiyle maliyetler indirilebilir.

4.SONUÇLAR

Temiz oda teknolojilerinin öneminin artması ile birlikte bu konudaki çalışmalar oldukça önem kazanmıştır.

Bu projede kapalı ortamlar için taşınabilir hava temizleme ünitesine ait model bir proje yapılmıştır. Yapılan araştırmalar ve örnekler dikkate alındığında bu türden projelerde dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır;

- Hastaneler için tasarlanacaksa temiz oda klasının belirlenmesi gerekir.
- Cihazda kullanılan filtreler gerekli standartlara uygun olarak seçilmelidir.
- Cihazda kullanılan fan sisteminin ortamın ihtiyacı olan bir saatlik toplam hava değişim kapasitesini sağlayacak şekilde seçilmesi gerekir.
- Filtrelerinin güvenli değişim (safe change) tipinde olması gerekir.
- UV ışın sistemi gerekli olan noktalarda birden fazla kullanılabilir.

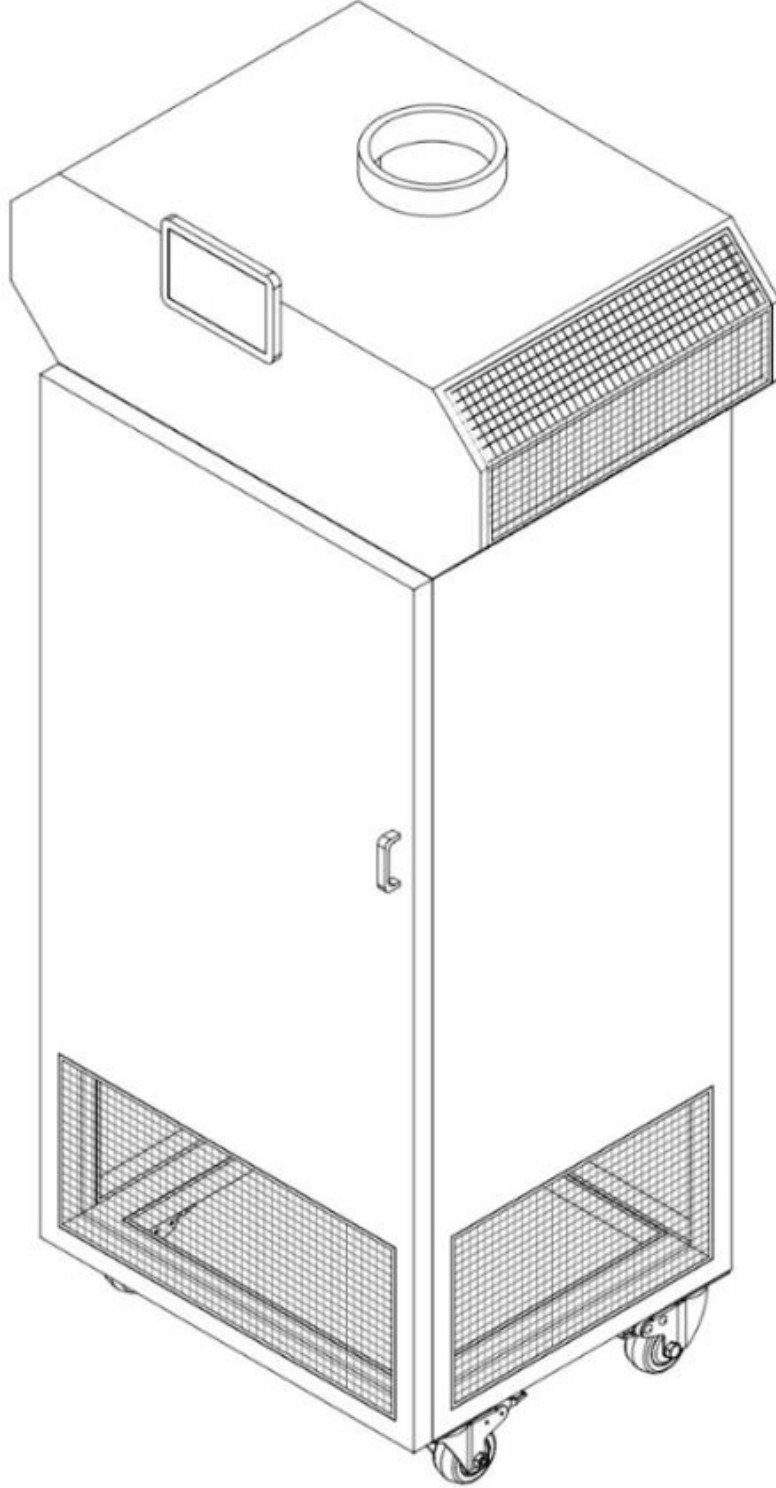
Bu kriterler dışında cihaz tasarımı üretilebilirlik ve uygun maliyet hesabı yapılarak farklı konfigürasyonlar eklenerek tasarlanabilir. Bu çalışmada yapılan proje uygulaması uygun maliyet ve kolay kullanım sağlaması amacıyla; kolay hareket yeteneği, çok yönlü hava dağıtım sistemi gibi ölçütlerin yanı sıra yukarıda bahsedilen kriterler dikkate alınarak tasarlanmıştır.

5.KAYNAKÇA

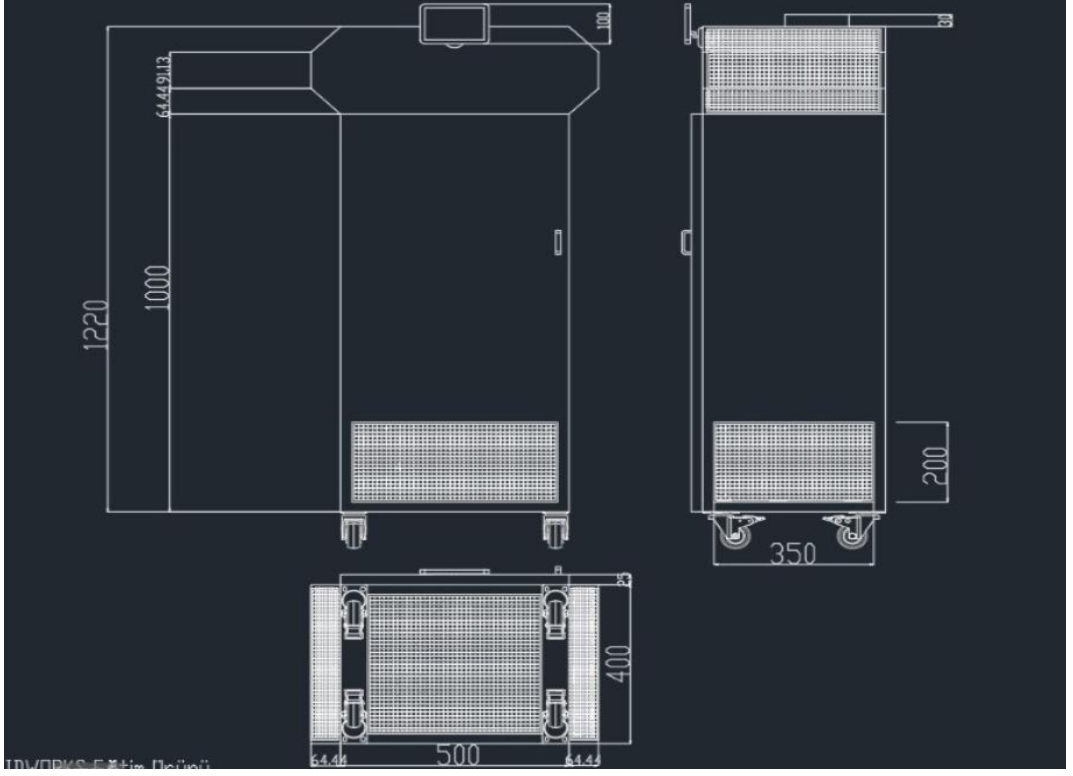
- [1] Christianson, “Fatal Airs: The Deadly History and Apocalyptic Future of Lethal Gases that Threaten Our World”. ABC-CLIO, 2010.
- [2] Sublett J.L., et al. Air filters and air cleaners: rostrum by the American Academy of Allergy, Asthma & Immunology Indoor Allergen Committee. *J Allergy Clin Immunol.* 2010;125(1):32–8. This is a comprehensive review of residential air filtration, various types of filtration available, characterization of airborne particulates, and standards for rating both HVAC and room air cleaners. It also provides recommendations related to future research.
- [3] Wood RA, Air filtration devices in the control of indoor allergens. *Curr Allergy Asthma Rep-orts* 2002;2(5):397–400.
- [4] McDonald, E. Vd, Effect of air filtration systems on asthma: a systematic review of randomized trials. *Chest.* 2002;122(5):1535– 42
- [5] First, M. (1998) HEPA filters, *J. Am. Biol. Saf. Assoc.*
- [6] Zhang, Y., Mo, J., Li, Y., Sundell, J., Wargocki, P., Zhang, J., Little, J.C., Corsi, R., Deng, Q., Leung, M.H.K., Fang, L., Chen, W., Li, J. and Sun, Y. (2011) Can commonly-used fan-driven air cleaning technologies improve indoor air quality? A literature review, *Atmos. Environ*
- [7].Mo, J., Zhang, Y., Xu, Q., Lamson, J.J. and Zhao, R. (2009) Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air: a literature review, *Atmos. Environ*
- [8] Waring, M.S., Siegel, J.A. and Corsi, R.L. (2008) Ultrafine particle removal and generation by portable air cleaners
- [9] Lehtimäki, M., Taipale, A. and Saamanen, A. (2005) Investigation of mechanisms and operating environment that impact the filtration efficiency of charged air filtration media. Final report to the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE RP-1189 2005).
- [10] Raynor, P.C. and Chae, S.J. (2004) The long-term performance of electrically charged filters in a ventilation system, *J. Occup. Environ. Hyg.*

- [11] Stephens, B. and Siegel, J.A. (2012) Comparison of test methods for determining the particle removal efficiency of filters in residential and light-commercial central HVAC systems, *Aerosol Sci. Technol.*
- [12] Miller-Leiden, S., Lobascio, C., Nazaroff, W.W. and Macher, J.M. (1996) Effectiveness of in-room air filtration and dilution ventilation for tuberculosis infection control, *J. Air Waste Manag.*
- [13] Stephens, B., Siegel, J.A. and Novoselac, A. (2011) Operational characteristics of residential and light-commercial air-conditioning systems in a hot and humid climate zone, *Build. Environ.*
- [14] Stephens, B., Novoselac, A. and Siegel, J.A. (2010a) The effects of filtration on pressure drop and energy consumption in residential HVAC systems (RP-1299), *HVAC&R Res*
- [15] Zaatari, M., Novoselac, A. and Siegel, J. (2014) The relationship between filter pressure drop, indoor air quality, and energy consumption in rooftop HVAC units, *Build. Environ.*
- [16] 6. MECART CLEANROOMS / Clean Room Classifications
- [17] TTMD (TÜRK TESİSAT MÜHENDİSLERİ DERNEĞİ) DERGİSİ 13
- [18] Alarko Hastanelerde HVAC Sistemleri Seminer Kitapçığı.
- [19] Güniz Gacaner Emin, GG Mühendislik / Temiz Oda Tasarımı ve Projelendirilmesi Haziran-2015

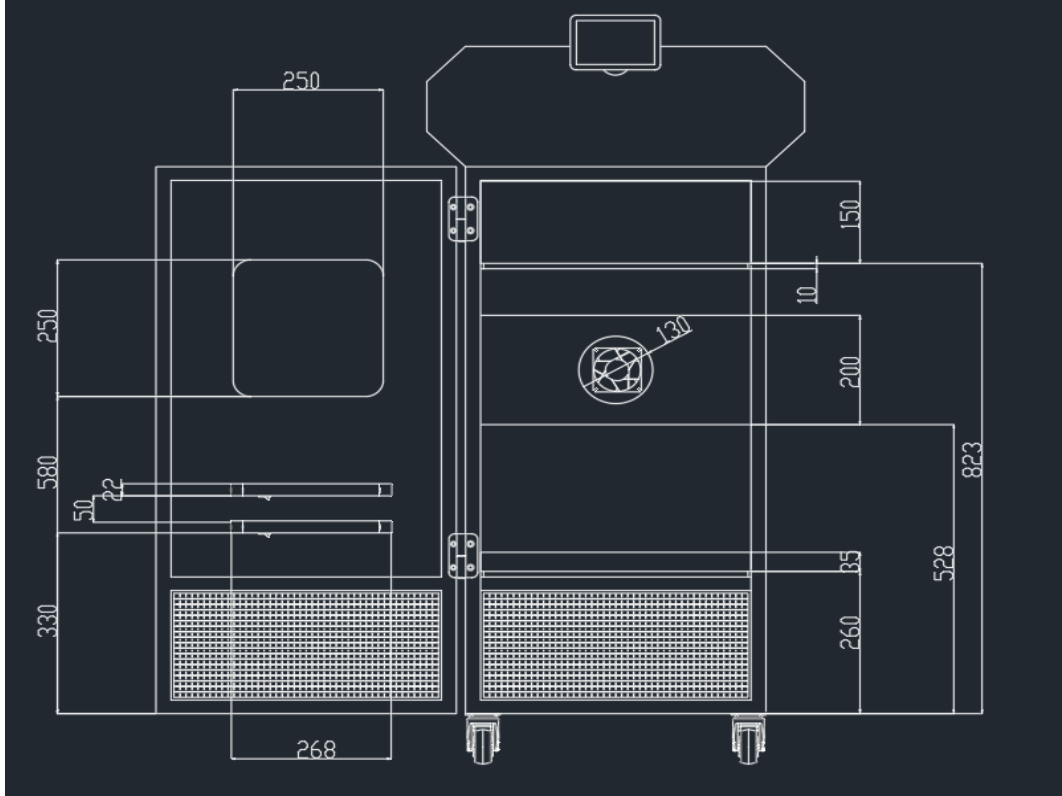
6.EKLER



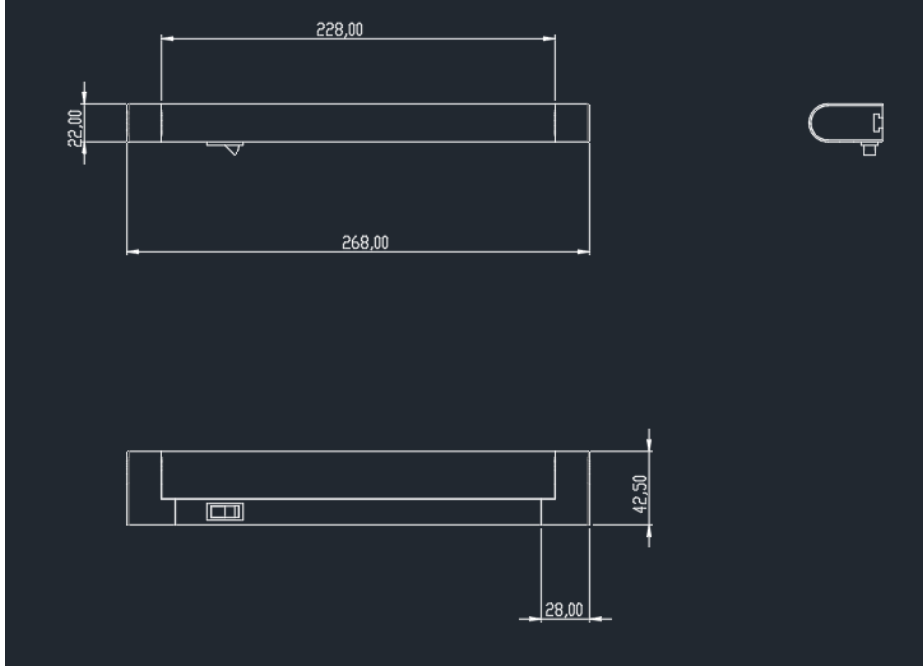
Şekil 12. Cihazın Perspektif Görünüşü



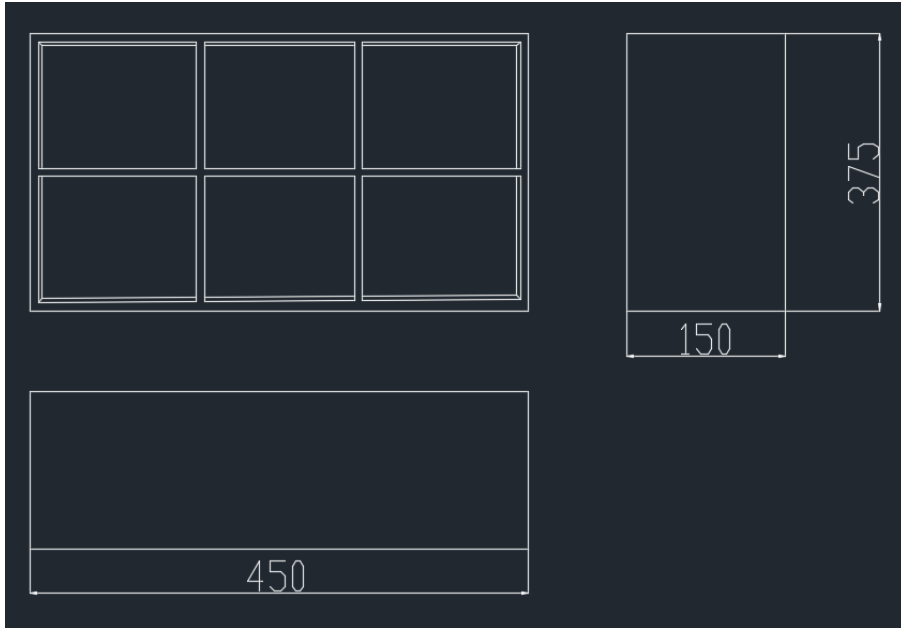
Şekil 13. Üç Yan Görünüş



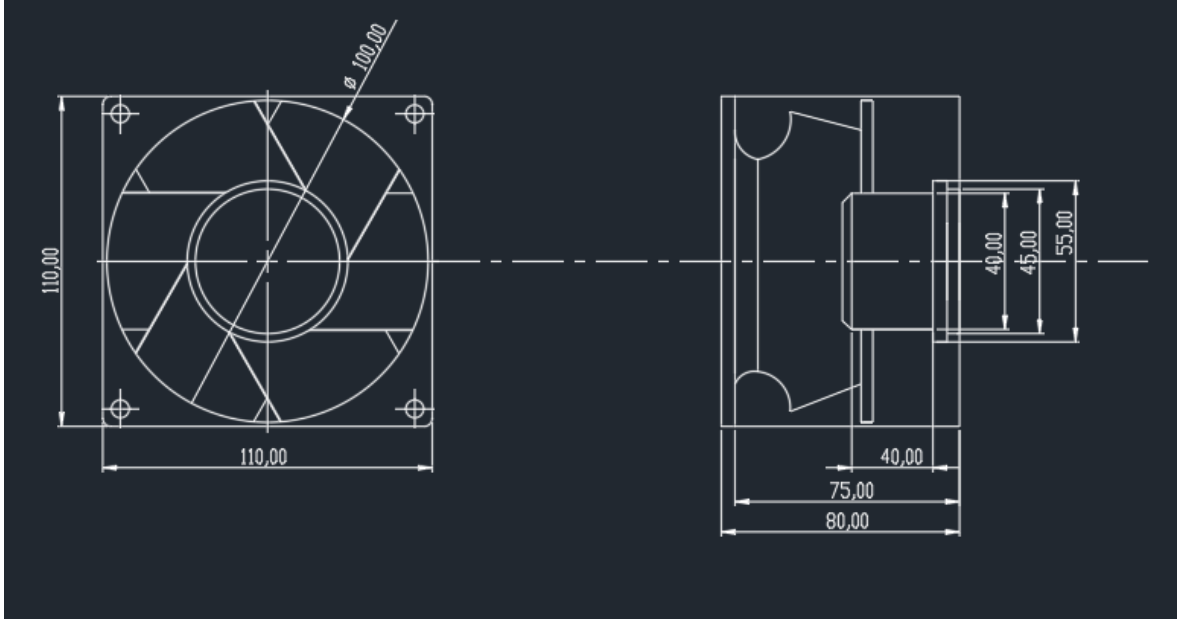
Şekil 14. Montaj Görünümü



Şekil 15. UV Sağlayıcı



Şekil 16. H13 Filtre



Şekil 17. Fan

ÖZGEÇMİŞLER

Yılmaz ŞAHİN

08.08.1997'te Samsun'da doğdu. Lise öğrenimini Fatsa Necip Fazıl Kısakürek Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2016 'da Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde başladığı lisans öğrenimine halen devam etmektedir. Orta derecede İngilizce bilgisine sahiptir.

Burak BOZACI

14.03.1988 tarihinde Rize'de doğdu. İlköğrenimini 50.Yıl İlk Okulunda, lise öğrenimini Pazar Atatürk Lisesinde tamamladı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde başladığı lisans öğrenimine halen devam etmektedir.

Burak ÖNAL

22.03.1998 tarihinde Antalya'nın Finike ilçesinde doğdu. İlkokul eğitimini Emin Akın İlköğretim okulunda tamamladı. Lise öğrenimini Kumluca Anadolu Lisesi, Finike Anadolu Lisesi ve Sınav Koleji Anadolu Lisesi olmak üzere üç ayrı yer de tamamladı. 2016 'da Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde başladığı lisans öğrenimine halen devam etmektedir.

Cengizhan EROL

21.09.1997 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini Yanlıca ilkokulunda, lise öğrenimini 88.Yıl Cumhuriyet Anadolu Lisesinde tamamladı. 2016 'da Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde başladığı lisans öğrenimine halen devam etmektedir.

Zeki Berk GÖKÇE

15.08.1998 tarihinde Artvin’de doğdu. İlköğretimini Atatürk İlk Öğretim okulunda okudu. Lise öğrenimini Artvin Anadolu Lisesinde tamamladı. 2016 ‘da Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde başladığı lisans öğrenimine halen devam etmektedir. Orta derece İngilizce bilgisine sahiptir.