

Asansör Kabini ve Yürüyen Merdiven El Bantlarının Yüzey Dezenfeksiyonu; Ultraviyole Işıklar

Aydın Arat^{*}, Hasan Basri Ercan², Adem Doğan³, Serdar Turan⁴, Hasan Kütük⁵

ÖZ

Aralık 2019'da Wuhan şehrinde ortaya çıkan Covid-19, o zamandan bu yana yayılmaya devam etmiş ve pandemiye dönüşmüştür. Dünyada ve ülkemizde Covid-19 vakalarının artması sonucu, kişisel temas ve fiziksel mesafe konularında önlem alınması elzem hale gelmiştir. Covid-19 salgını, temas ve hava yoluyla bulaştığı bilinmektedir. Bu salgını önlemenin veya azaltmanın en önemli adımlarından biri, alanda bulunan insanların fiziksel mesafe kurallarına uymasını sağlamak, diğeri ise dokunulan yüzeylerin dezenfeksiyonunu yapmaktır. İnsanların bir araya gelmek zorunda olduğu alanlar vardır. Bu alanlarda yüzey ve havada mikrobiyal flora çeşitliğinin artmasına neden olmaktadır. Bu artış enfeksiyon hastalıklarına davetiye çıkarılmaktadır. Özellikle asansör ve yürüyen merdivenler insanların bir araya gelmek zorunda olduğu alanlardır. Ülkemizde her gün 50 milyondan fazla insanın taşındığı bilinmektedir. İnsan sirkülasyonunun bu kadar yoğun olduğu alanlarda önlem alınması zorunlu hale gelmiştir.

Salgının yayılma hızını azaltmak için uygulanan geleneksel yöntemlerde (kimyasal dezenfeksiyon) alınması gereken tedbirler sınırlı ve kontrolü, takibi oldukça zordur. Sistemin otomatikleştirilmesi ve teknolojik imkanlar ile takibi günümüzde mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmada Ultraviyole C (UVC) kısa dalga boyunda işima yapan lambalar kullanılarak asansörlerde; kabin hava kalitesinin iyileştirilmesi, çağrı butonları, küpeşterlerin ve yürüyen merdivenlerde ise el bantları gibi dokunma yüzeylerinin dezenfeksiyonunun hangi kriterler eşliğinde yapılması gerektiği tanımlanarak otomatikleştirme aşamaları tariflenecektir.

Covid-19 salgınıyla birlikte insanların toplu olarak kullandığı asansörler, yürüyen merdivenler ve yürüyen bantlarda dezenfeksiyon işlemi bir zorunluluk haline gelmiştir. Araştırmanın başlangıcında Covid-19 virüsünün yapısı, çeşitli ortamlarda yaşam süreleri gibi önemli bilgilere yer verilmiştir. Araştırmanın amacı ise asansörlerde, yürüyen merdivenlerde ve yürüyen bantlarda insan temasının olduğu yüzeylerin uygun şartlar sağlanarak nasıl dezenfekte edilmesi gerektiğinin açıklanmasıdır. Araştırma, "Asansör, yürüyen merdiven ve yürüyen bantlarda dezenfeksiyon için ne tür cihazlar kullanılmalıdır?", "Dezenfeksiyon amacıyla kullanılan cihazların uygun montaj şartları nelerdir?", "Konu ile ilgili ulusal veya uluslararası standartlar nelerdir ve standartların hangi alt başlıklarından faydalanılmalıdır?", "Kullanılan dezenfeksiyon cihazlarının asansörlerin, yürüyen merdivenlerin ya da yürüyen bantların güvenli bir şekilde çalışmasına engel olmaması için neler yapılmalıdır?", "Dezenfeksiyon için kullanılan cihazlar hangi özelliklere sahip olmalıdır?", "UVGI lambaların kabin içinde etki ettiği alanlar nelerdir?", "Dezenfeksiyon için ne tür cihazlar kullanılır?" gibi sorulara yanıt aramaktadır.

Araştırmanın literatür taraması yapılırken öncelikle alanında uzman kişilerin görüşlerine başvurulmuştur. Makina mühendisleri odasının basılı kaynakları, üniversitelerde konu ile ilgili yapılan çeşitli araştırmalar, konuya ilişkin fikir beyanında bulunmuş kongre sonuç bildirgeleri ve ülkede kullanılan uluslararası geçerliliğe sahip standartlar başlıca kaynaklar olmuştur. Kullanılan kaynakların ve destek alınan uzmanların genel görüş eğilimi, dezenfeksiyon için kullanılacak cihazların asansörlerin, yürüyen merdivenlerin

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 22.12.2020

Kabul/Accepted : 02.02.2021

¹ Makina Mühendisleri Odası, İstanbul, aydin.arat@mimo.org.tr, ORCID: 0000-0002-6194-6399

² İGA İstanbul Havaalanı, İstanbul, hasanbasriercan@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-0992-2469

³ Kartal Belediyesi Başkanlığı, İstanbul, ademdogan@kartal.bel.tr, ORCID: 0000-0002-4190-2655

⁴ GM Asansör Firması, İstanbul, serdardtrn@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5245-5195

⁵ Makina Mühendisleri Odası, İstanbul, hasan.kutuk@mimo.org.tr, ORCID: 0000-0002-0951-9154



venlerin ve yürüyen bantların güvenli şekilde çalışmasını engellemeden montajlanmaları ve senkronize bir şekilde çalışmaları yönündedir. Uygun olmayan şartlarda montajlanan ürünler kullanıcı güvenliğini tehdit edecektir.

Anahtar Kelimeler: Ultraviyole, UVGI, asansör, yürüyen merdiven, dezenfeksiyon

Surface Disinfection of Lift Car and Escalator Handrails; Ultraviolet Rays

ABSTRACT

Covid-19, which appeared in the city of Wuhan in December 2019, has continued to spread since then and turned into a pandemic. As a result of the increase in Covid-19 cases in the world and in our country, it has become essential to take precautions for personal contact and physical distance. The Covid-19 outbreak is known to be transmitted by contact and air. One of the most important steps to prevent or reduce this epidemic is to ensure that the people in the area comply with the physical distance rules, and the other is to disinfect the touched surfaces. There are areas where people have to come together. In these areas, it causes an increase in the variety of microbial flora in the surface and air. This increase invites infectious diseases. Especially lifts and escalators are areas where people have to come together. It is known that more than 50 million people are transported every day in our country. It has become mandatory to take precautions in areas where human circulation is so intense. Traditionally (chemical disinfection) measures to reduce the spread of the epidemic are limited and very difficult to control and follow. It has become possible to automate the system and to follow it with technological possibilities. In this study, using Ultraviolet C (UVC) short wavelength lamps, in lifts; The criteria to improve cabin air quality, disinfection of touch surfaces such as call buttons, handrails and hand straps in escalators will be defined and the stages of automation will be described.

With the Covid-19 epidemic, disinfection has become a necessity in lifts, escalators and moving walkways that people use collectively. At the beginning of the study, important information such as the structure of the virus that caused the Covid-19 epidemic and its lifespan in various environments were included. The aim of the study is to explain how the surfaces with human contact in lifts, escalators and moving walkways should be disinfected by providing appropriate conditions. The research, "What kind of devices should be used for disinfection in lifts, escalators and moving walkways?" , "What are the appropriate mounting conditions for the devices used for disinfection?" , "What should be done so that the disinfection devices used do not interfere with the safe operation of lifts, escalators or moving walkways?" , "Which features should the devices used for disinfection have?" , "What are the areas that UVGI lamps affect in the lift car?" , "What kind of devices are used for disinfection?" Seeks answers to questions such as.

While reviewing the literature of the study, the opinions of experts in the field were first consulted. The general trend of experts is that the devices to be used for disinfection should be assembled and synchronized without preventing the safe operation of lifts, escalators and moving walkways. Products installed under inappropriate conditions will threaten user safety.

Keywords: Ultraviolet, UVGI, lift, escalator, disinfection



EXTENDED ABSTRACT

With the Covid-19 epidemic, disinfection has become a necessity in elevators, escalators and moving walkways that people use collectively. At the beginning of the study, important information such as the structure of the virus that caused the Covid-19 epidemic and its lifespan in various environments were included. The aim of the study is to explain how the surfaces with human contact in elevators, escalators and moving walkways should be disinfected by providing appropriate conditions. The research, “What kind of devices should be used for disinfection in elevators, escalators and moving walkways?”, “What are the appropriate mounting conditions for the devices used for disinfection?”, “What should be done so that the disinfection devices used do not interfere with the safe operation of elevators, escalators or moving walkways?”, “Which features should the devices used for disinfection have?”, “What are the areas that UVGI lamps affect in the elevator cabin?”, “What kind of devices are used for disinfection?” Seeks answers to questions such as.

While reviewing the literature of the study, the opinions of experts in the field were first consulted. The general trend of experts is that the devices to be used for disinfection should be assembled and synchronized without preventing the safe operation of elevators, escalators and moving walkways. Products installed under inappropriate conditions will threaten user safety.

In the research, a sampling study was carried out to determine the activity areas of UVGI lamps in the cabin with the help of simulation. In addition, the light reflection behavior of the different materials used was modeled with this simulation. The lamp used in the simulation has 15 W input, 4.9 W output power and 7800 cd light intensity. The areas they touch are the handrail and the record buttons. The back and bottom parts of the handrails receive the least radiation as they stay in the shaded area. In simulation, when one second of radiation is made inside the cabinet, it emits $810 \mu\text{W} / \text{cm}^2$ on the handrail and $50 \mu\text{W} / \text{cm}^2$ under the handrail. Similarly, $560 \mu\text{W} / \text{cm}^2$ irradiation was simulated on the cabinet button area. The effectiveness of a disinfection method with UV-C radiation directly depends on the dose used. High intensity for a short time or low intensity over a long period of time can be practically changed and has almost the same disinfecting effect. When calculating the effective dose, the idle time of the cabin should be made according to the value of the least radiation in the cabin.

When used properly, UVGI is very effective in killing or inactivating pathogens. However, if proper conditions of use are not provided, it can cause harm to people. Good engineering design, proper procedures and automatic controls will minimize the dangers from UV exposure. Care should be taken to use certified products that comply with safety standards. External devices placed on elevators, escalators and bands should work in harmony with the system. Safety devices should be used to prevent situations that may pose electrical and mechanical hazards. All equipment used must be inspected periodically. All tests of the equipment used must be reported and these reports must be questionable. The validity of the reports cannot be questioned,

Devices that do not work synchronously with the equipment on which they will be mounted and that may threaten user safety should never be used.

If working with open UV radiation during the maintenance of elevators, escalators or moving walks, personal protective equipment covering all open areas of the body should be used. UV radiation is easily absorbed by clothing, plastic or glass. It is important to use UV goggles and / or full face shields when working around UVC devices. Standard goggles and normal safety goggles do not protect the eyes from UV rays, so ANSI Z87 grade goggles wrapped around the lens to protect side exposure are recommended. To protect exposed skin, protective equipment such as lab coat and nitrile gloves should be covered. In addition, health and safety markings should be made for the personal protective equipment that the maintenance team has to use in the area.

UVC lamp wastes that have completed their useful life should be treated differently from other wastes due to the mercury in them. It is necessary to send UVC lamp wastes to waste processing facilities that have a permit or an environmental license in accordance with the principles determined by the relevant regulations. “Waste Management Regulation” and “Regulation on Control of Waste Electrical and Electronic Equipment” give information about the recycling and disposal methods of these types of wastes with the least harm to the environment and human health.



1. GİRİŞ

Covid-19 virüsünün dış kabuğu ikili bir yağ katmanından oluşmaktadır. Virüsünün savunmasını kırabilecek en kolay yollardan biri yağ parçalama özelliği olan sabunla temizleme işlemidir. Bunun yanında çoğu alkol bazlı olan kimyasal dezenfektanlar da benzer şekilde virüsleri etkisizleştirmek için yaygın biçimde kullanılmaktadır. Fakat asansör ve yürüyen merdivenler gibi insan sirkülasyonunun yoğun olduğu alanlarda kimyasal dezenfeksiyon işlemini uygulayan çalışanlara hastalığın bulaşması, etkin kimyasal solüsyonlarının hazırlanmaması, belirli ve uzun aralıklarla dezenfeksiyon işleminin yapılması ve dolayısıyla bu alanların tekrar kontamine olma olasılığı, gözden kaçan noktalar sebebiyle tam bir temizliğin sağlanamaması gibi riskler söz konusudur. Kimyasal temizleme yöntemlerinin yukarıda bahsedilen kısıtlarından dolayı, aslında 1877'den beri bilinen ve 1906'dan beri uygulanan UV ışıkla dezenfeksiyon/sterilizasyon yöntemi bugünlerde tekrardan toplumumuzun dikkatini çekmeye başladı. Düşük basınçlı cıvalı lambaların oluşturduğu 254 nm dalga boyuna sahip UV ışıma, virüsün yapısını bozarak mikroorganizmaların ölümüne veya aktivitesinin bozulmasına neden olmaktadır [1].

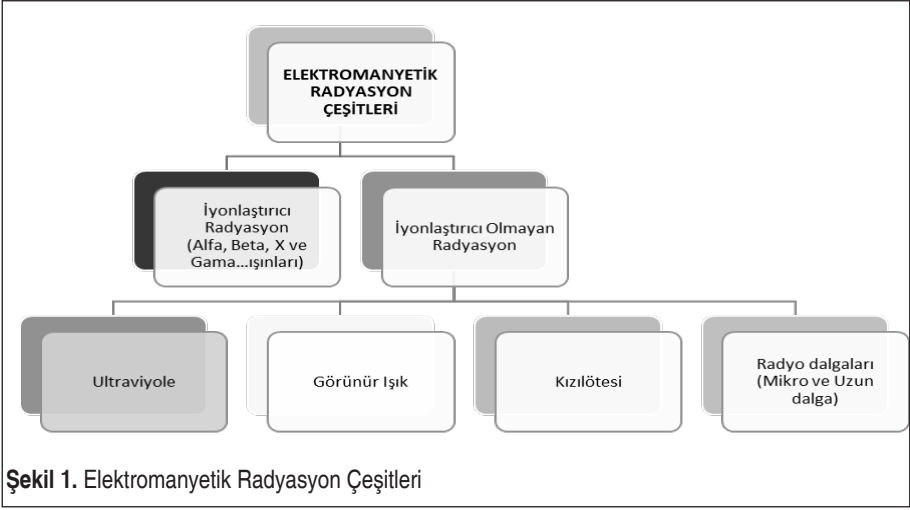
UV lambalar, doğru uygulandığı zaman hijyen ve sanitasyona önemli katkılar sağlamaktadır. Ancak yanlış kullanıldığında ya etkisi azalmakta ya da sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir [17].

2. ULTRAVİYOLE İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

2.1 Elektromanyetik Radyasyon

Elektromanyetik radyasyon bir kaynaktan elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar şeklinde salınan bir enerjidir [1]. Bir atom çekirdeğinin kararsız durumdan daha kararlı bir duruma geçerken elektromanyetik dalga veya parçacık şeklinde enerji yayılmasına radyasyon (ışıma) denir [2]. Maddeye ve insana nüfuz edebilen dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji yayımı ya da aktarımıdır. Radyasyon maddedeki etkisine göre yani maddeyle etkileşip etkileşmemesine göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırmayan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 1). İyonlaştırıcı radyasyon atom ve moleküllerden elektron koparabilirken iyonlaştırmayan radyasyon atomik bağları kıracak yeterli enerjiye sahip değildir. Buna karşın, ısınma, kimyasal reaksiyon değişimleri gibi nedenlerle hücreler ve dokularda biyolojik etkilere ve zararlara yol açtığı bilinmektedir [2].

Dünyamız farklı türlerde elektromanyetik radyasyon bombardımanı altındadır. Güneş bu elektromanyetik radyasyon bombardımanının başlıca kaynağıdır. Elektromanyetik radyasyon; gama ışınları, x ışınları, ultraviyole ışık, görünür ışık, infrared ışınlar, mikrodalgalar ve radyo dalgalarından oluşur. Bu çalışmada iyonlaştırıcı olan radyasyonu

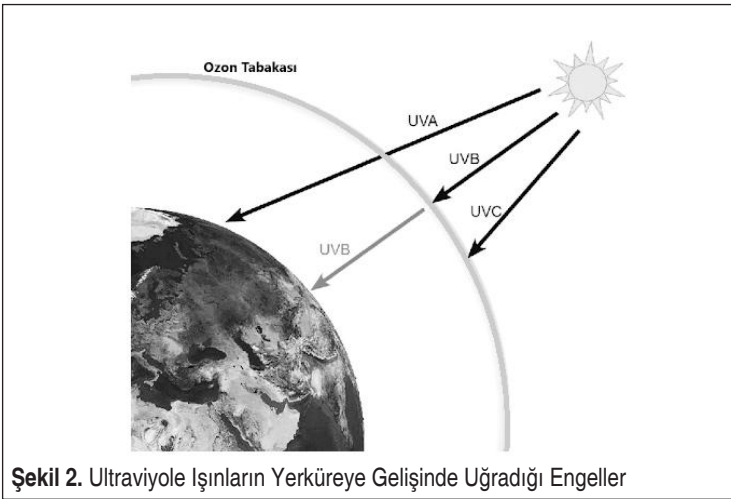


Şekil 1. Elektromanyetik Radyasyon Çeşitleri

kapsamadığından dolayı sadece iyonlaştırıcı olmayan radyasyon skalasında bulunan ultraviyole radyasyonu anlatılmıştır.

2.2 UV Nedir?

Ultraviyole (UV) ışınım (radyasyon), hayatımız boyunca devamlı olarak maruz kaldığımız bir tür “görünmez ve iyonlaştırıcı olmayan” ışınım şeklidir. Atmosferde en fazla emilen ışınlar kısa dalga boylarına sahip ultraviyole ışınlardır (100-400 nm). UV ışınım atmosfer tarafından hem emilir hem de dağıtılır (Şekil 2). Ultraviyole ışınlar insan gözü tarafından menekşe rengi olarak fark edilebilir.

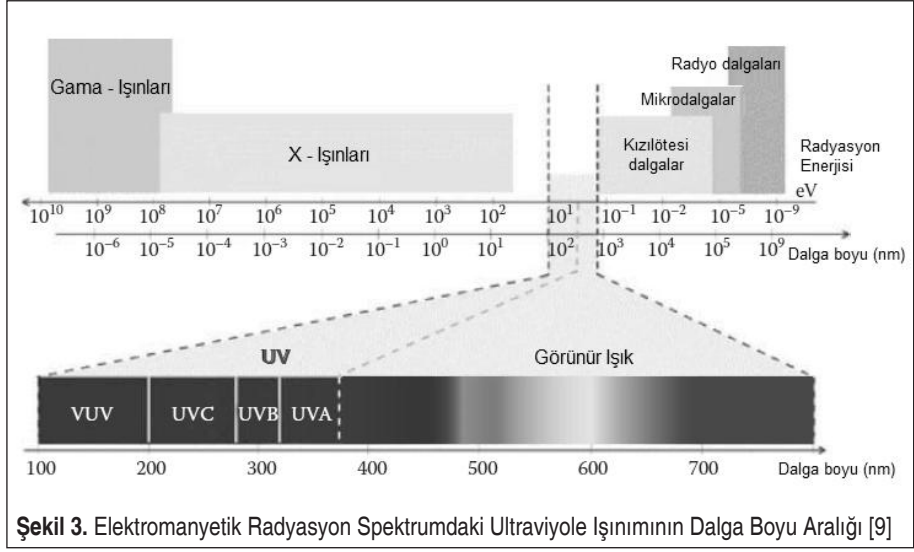


Şekil 2. Ultraviyole Işınların Yerküreye Gelişinde Uğradığı Engeller



2.3 Çeşitleri ve Özellikleri

Ultraviyole ışınım 100-400 nm dalga boyuna enerjisine sahip, x ışını ile görünür ışık spektrumunun arasında yer almaktadır (Şekil 3). Bunlar UV-A (dalga boyu 315-400 nm), UV-B (280-315 nm) ve UV-C (dalga boyu 280 nm'den az)'dir. UVC ozon tabakası ve oksijence tamamen absorbe edilmektedir[4]. Elektromanyetik radyasyonun dalga boyu azaldıkça, radyasyon enerjisi artmaktadır.



UV-A Işını: Dalga boyu 320-400 nm arasındadır. UV ışınları içinde dalga boyu en fazla ve enerjisi en az olan ışınlardır. Güneş kaynaklı UV-A ışınları atmosfer tarafından tutulmamakta, camdan geçebilmektedir. UV-A, yer yüzeyine ulaşan ultraviyole radyasyonun büyük kısmını (~%90) oluşturur.

UV-B Işını: Dalga boyu 280-320 nm arasında olan ve hem enerji hem de dalga boyu açısından UV bandının ortasında yer alan ışınlardır. UV-A'dan yaklaşık 1000 kez daha güçlüdür. Biyolojik olarak zararlı olan UV-B radyasyonu stratosferik ozonun konsantrasyonuna bağlı olarak yer yüzeyine ulaşmaktadır. UV-B'yi absorbe ederek yer yüzeyine ulaşmasını engelleyen sadece stratosferik ozon değildir. UV ışınlarının büyük bir kısmı da bulutlar tarafından absorbe edilmektedir. Atmosferik kirlilik, UV ışınlarına maruz kalmayı yerel ve küresel olarak etkileyebilmektedir.

UV-C Işını: Dalga boyu 200-280 nm arasında UV'nin C bandında, dalga boyu en kısa, enerjisi en yüksek olan ışınlardır. Güneş kaynaklı UV-C ışınları ozon tabakası tarafından filtre edilir ya da atmosferdeki gazlar tarafından tutulmaktadır. Bu yüzden ancak elektronik endüstriyel işlemler sonucunda elektrik enerjisi kullanılarak üreti-



lebilmektedir. Esas itibarıyla en etkili mikrop öldürücü dalga boyları bu aralıktadır. Herhangi bir yüzeye temas ettiği anda enerjisini aktardığı için yüzey modifikasyon ve dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır.

Vakum UV (Uzak UV (dalga boyu 200nm'den düşük): UV vakum ışıması olarak bilinir ve havada ozon (O₃) üretilmesine sebep olur.

2.4. Ozon Nedir?

Ozon ismi, Yunanca “tanrının nefesi” anlamına gelen ‘ozein’ sözcüğünden türetilmiştir [5]. Ozon gazı dünyayı çevreleyen stratosfer katmanındaki gazların en önemlilerinden biridir. Bu gaz, özellikle güneşten gelebilecek zararlı UVC ışınlarını absorbe etmekte aynı zamanda UVB ışınlarını da zayıflatmaktadır. Bu sayede yeryüzünde biyolojik olarak dengenin sürekliliğinin sağlanmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde ozonu yapay olarak üretebilmek mümkündür. Ozon, havadaki oksijenin yüksek iletkenliğe sahip UV lambanın 185 nm’de yaydığı radyasyona maruz bırakılmasıyla 0,03 ppm gibi düşük konsantrasyonlarda üretilmektedir [6].

2.5 Ultraviyole Işınları İle Dezenfeksiyonun Kısa Tarihi

Downes ve Thomas P. Blunt, 1878 yılına kadar, mikroorganizmaların doğrudan güneş ışığına maruz kaldıklarında çoğalamadıklarını keşfettiler. Niels Ryberg Finsen enfeksiyon deri hastalıklarının tedavisinde güneşin UV antiseptik etkisini göstererek 1903 yılında tıp dalında Nobel ödülü almıştır. 1930 yılında Westinghouse UV lambalarını geliştirmiş ve antiseptik etkilerinin kanıtlanması için çok sayıda çalışma yapılmıştır [7].

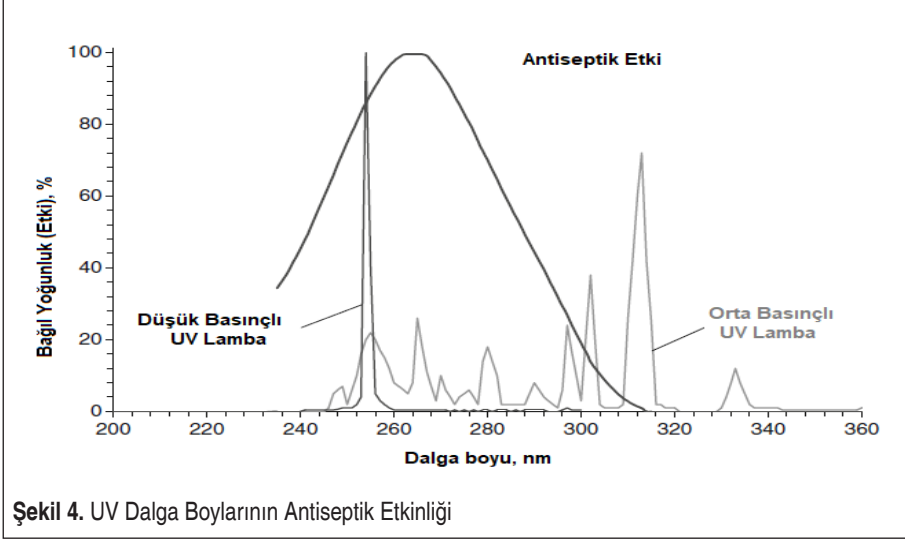
2.6 Ultraviyole Antiseptik Işınlama (UVGI)

Tam bir hücre yapısına sahip olmayan virüsler, sabun ve alkol ile parçalanabilen yağlar dışında, protein tabaka ve viral genetik materyali taşıyan RNA (ribo nükleik asit) veya DNA (deoksiribo nükleik asit) bileşenlerinden oluşmaktadır. Covid-19 dahil bilinen çoğu virüste viral genomunu RNA taşırken, bazı türlerde bu işi DNA yapmaktadır. Bakterilerin nükleoitleri de RNA ve DNA genetik malzemelerini içerirler. Yapıları birbirine çok benzer RNA ve DNA nükleik asitlerinin ikisinin de UV bölgede 265 nm civarında geniş ve güçlü soğurma bantları vardır (Şekil 4). Bu bölge etrafındaki UV ışınla uyarıldıklarında, RNA/DNA moleküllerinin kimyasında oluşan değişikliklerle virüsün kendini çoğaltma özelliği bloke edilmekte ve sonuç olarak virüsün bulaşma özelliği yok olmaktadır [1].

Mikroorganizmaların nükleik asitlerinin 253,7 nm dalga boyundaki ultraviyole ışınları maksimum oranda absorbe etme yetisinde oldukları, bu nedenle de mikrobiyal inaktivasyonda 253,7 nm dalga boyunda ışın yayan UVC lambaların kullanıldığı belirtilmiştir [8]. Sonuçta UV'nin virüsler, bakteriler, mantarlar ve mycoplasma üzerine



inaktive edici etkisi gösterilmiştir. UVGI denildiğinde genellikle 253,7 nm dalga boyunda UV (UVC) kastedilmektedir.



Şekil 4. UV Dalga Boylarının Antiseptik Etkinliği

Mikroorganizmalar üzerine öldürücü etkiye sahip UV dalga boyunun belirlenmesine yönelik ilk çalışmalar 220-300 nm aralığında yapılmış ve optimum pik değerinin 265 nm olduğu gösterilmiştir. Bugün için hepsi olmasa bile çoğu ticari UV-C lambalarının ürettiği ışımaya optimum dalga boyuna çok yakın olan 253,7 nm olup, UV enerjisi veren düşük basınçlı cıva lambalarıdır [9].

'UVGI' terimi başlangıçta Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (International Commission on Illumination-CIE) tarafından oluşturulmuş ve daha sonra Hastalık Kontrol Merkezleri (Centers for Disease Control-CDC) tarafından benimsenmiştir. Tablo 1, UV radyasyon bantlarının tanımlarını özetlenmiştir. Bu tabloda özellikle UVC'nin mikrop kırıcı özelliği sınıflandırılmıştır.

Tablo 1. Ultraviyole Radyasyonun Bantları [9]

Sınıf	Dalga boyu (nm)	Dalga sınıflandırması	
UVA	320–400	Mikrop öldürmez - Antiseptik değil	
UVB	280–320	Eritemal - Deride kızarıklık	
UVC	200–280	Ozon üretimi	Mikrop kırıcı - Antiseptik-
VUV	100–200	Vakum UV	

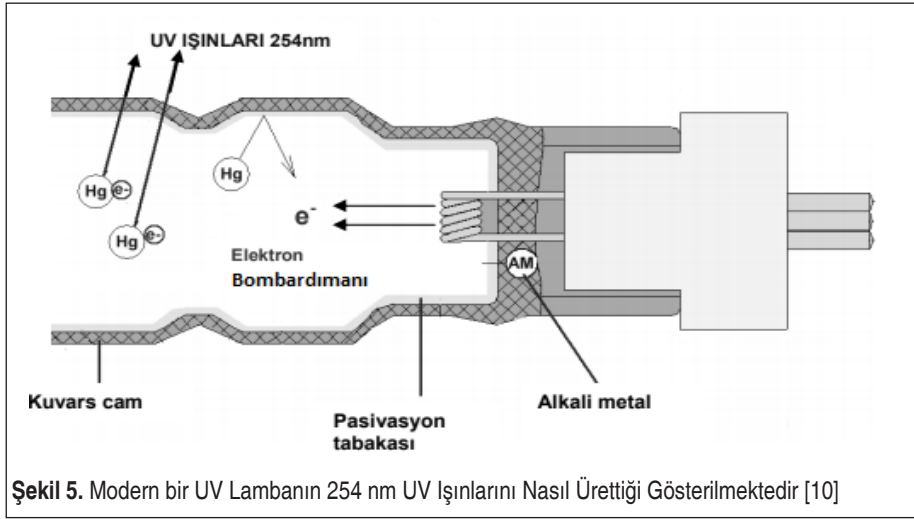


3. UVGI LAMBA KULLANIMI

Bir atom çekirdeğinin kararsız durumdan daha kararlı bir duruma geçerken elektromanyetik dalga veya parçacık şeklinde enerji yayılmasına radyasyon (ışığa) denildiği elektromanyetik radyasyon alt başlığında belirtilmiştir. Bu prensiple antiseptik spekt-rumdaki dalga boyuna ulaşarak 257,3 nm dalga boyunda ışıma yapılması için yapay olarak üretilmiş elektrokimyasal armatürler kullanılmaktadır.

3.1 Çalışma Prensibi

Öncelikle inert gaz ısıtılır, cıvanın buharlaşması ve iyonlaşarak tüp içine dağılması sağlanır. Ardından elektrotlar elektron yaymaya başlar. İki elektrot arasındaki potansiyel farkı (volt) ile elektronlar tüp içinde bir elektrottan diğerine ve akış yönü sürekli değiştirilerek (AC frekans) yüksek hız ve yoğunlukta hareket etmeye başlar (elektron bombardımanı). Elektronlar cıva iyonları ile çarpışarak enerji seviyelerini yükseltir ve cıva iyonları aldıkları enerjiyi 254 nm dalgaboyunda UV-C ışınları yayarak deşarj ederler (Şekil 5) [10].



Şekil 5. Modern bir UV Lambanın 254 nm UV Işınlarını Nasıl Ürettiği Gösterilmektedir [10]

Düşük basınçlı lambalar, kuvars camdan veya diğer UV iletici camdan yapılmış bir zarf, bir çift elektrot ve bir cıva amalgamından oluşur. Balastlar, elektrotlar boyunca gerekli başlangıç voltajını sağlamak ve uygun lamba akımını sağlamak için gereklidir. Geçen elektrik akımı elektrotlar arasında, elektronik geçişleri uyaran ve ultraviyole ve görünür ışık emisyonuna neden olan cıva buharını ısıtır. Floresan lambalarda cam, UV'yi emen ve enerjiyi görünür ışık olarak yeniden yayan fosforlarla kaplanır, fakat UV lambalarında fosfor yoktur. Kuvars camı, gelen ışığın küçük bir kısmını emebilir



ve ısıya dönüştürür [9]. Başarılı bir UV lamba en az elektrik enerjisi harcayarak en fazla miktarda UV ışını üretmeli ve mümkün olan en uzun süre hizmet etmelidir. Ayrıca lambanın yaydığı ışın spektrumu “monokromatik” olmalı yani sadece 254 nm dalga boylu ışınlar üretmelidir [10]. 185 nm’de iletim yapmayan ve ozon üretmeyen soft glass (sodyum-baryum cam) kullanmak da mümkündür [10].

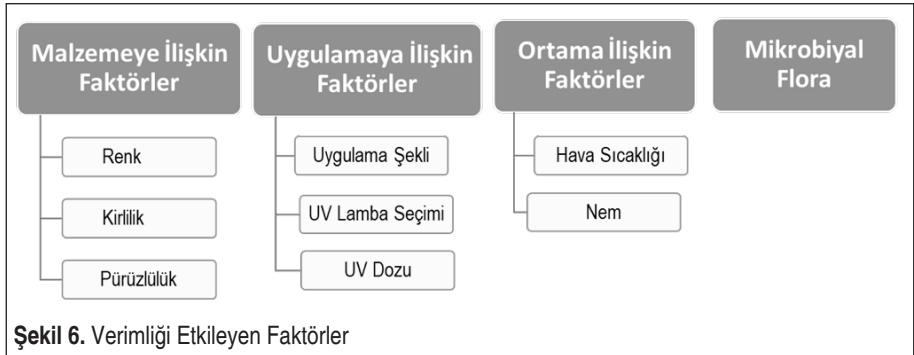
3.2 Çeşitleri ve Kullanımı

UV lambalara genellikle cıva veya “amalgam” lambalar olarak adlandırılır. UV lambaları da ışımayı başlatmak için argon gazı içerir. Bu gaz basıncına göre (istenilen dalga boyunun skalasına göre) yaygın olarak iki tür UV lamba bulunmaktadır. Bunlar; yüksek yoğunluklu deşarj (HID) lambaları (yüksek basınçlı veya orta basınçlı cıva buharı lambaları da denir) ve düşük basınçlı cıva buharı lambaları olarak sınıflandırılmışlardır. HID lambalar yaklaşık 133,3 kPa basınçta cıva gazı içerir ve geniş bir dalga boyu aralığında yüksek seviyelerde UV ışınımı üretir. Düşük basınçlı UV lambalar yaklaşık 1,3 kPa veya daha düşük basınçlarda cıva gazı içerir ve bu gaz bir elektrik yüküyle uyarıldığında, daha önce belirtildiği gibi 254 nm dalga boyu civarında UV ışığı yayar.

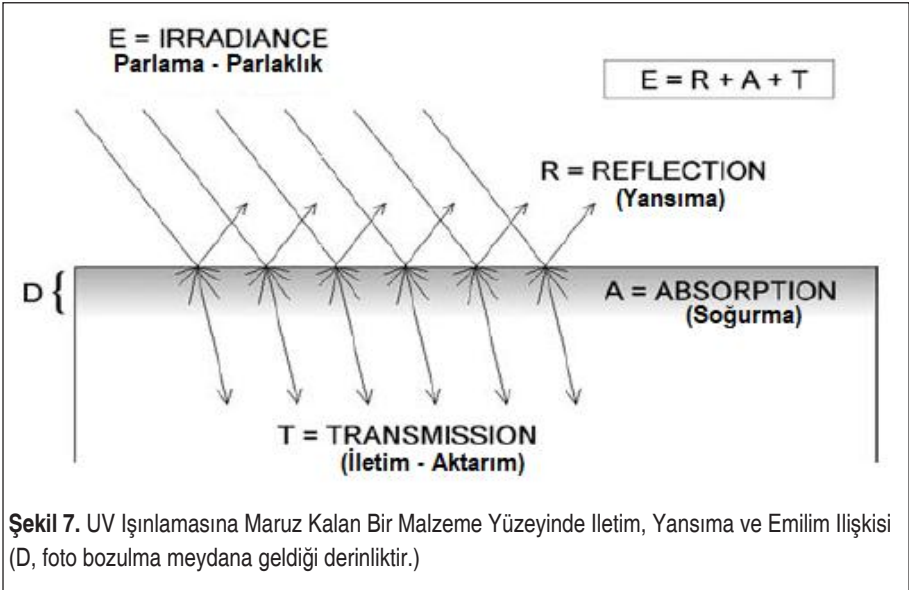
UV lambalar tarafından üretilen farklı spektrumlar antiseptik etkinliği çeşitli şekillerde etkileyebilir. Düşük basınçlı UV lambaların ürettiği UVC’nin dar spektrumu nedeniyle, bu tür lambalar çok daha az ozon üretme eğilimindedir. Dolayısıyla amacımıza uygun ürünlerdir.

3.3 Verimini Etkileyen Faktörler

Düşük basınçlı lambalarda, elektrik giriş gücünün yaklaşık %60’ı ışığa dönüştürülür, bunun yaklaşık %85’i 254 nm civarında olur. Düşük basınç lambalarının genel verimliliği yaklaşık %30-31 arasında olma eğilimindedir, ancak bunlar ortam çalışma koşullarına ve balast tipine bağlı olarak değişebilir. Ultraviyole ışın kaynağı ve ışın yayılma ortamına bağlı olarak verimi değişebilmektedir (Şekil 6).



Malzemeye ilişkin faktörler: Çoğu yaygın materyal, ultraviyole ışınımını soğurur, emerler. Bu durum sistemin verimini direkt etkilediği gibi malzemelerin foto-hasara maruz kalmalarına neden olur. Bazı malzemeler (alüminyum gibi) yüksek UV yansıtıcılıya veya kuvars cam gibi yüksek geçirgenliklere sahip olabilir ve çok az UV soğururlar. Malzemelerin yansıtıcılığı, geçirgenliği ve emiciliği doğrudan UV verimle ilişkilidir. Özellikle yüzey rengi ışınımın yansıtılmasını doğrudan etkileyen hususlardan biridir. örnek; siyah rengin ışığı soğurma oranı diğer renklerden fazladır. Bununla birlikte yüzeyin pürüzlüğü ve kirliliği de ışınımın yansıtıcılığını direkt azaltan diğer hususlardır [9]. Şekil 7’de UV ışınımına maruz kalan malzemelerin ortam parlama etkinliği ilişkisi gösterilmiştir.



Uygulamaya ilişkin faktörler: Ultraviyole ışının verimindeki değişim için ışınımın etkinliğine, uygulama yöntemine, lamba tipinin seçimine ve lambanın çıkış gücüne dikkat edilmelidir.

Ortama İlişkin: Cam duvar sıcaklığı, özellikle en soğuk konumda, lamba içindeki cıva buharının basıncını belirler ve böylece toplam UV çıkışını belirler. Lamba duvar yüzeyinin soğuk hava veya bir hava akımının soğutma etkileri ile soğutulması, bir lambanın UV çıkışını azaltabilir.

Mikrobiyal flora: Yüzeyde kirliliğin artması mikrop çeşitliliğinin çoğalmasına zemin hazırlayan etkenlerden biridir. Bu durum yüzeyde katmanlaşarak artması sonucu ışınım yüzeye nüfus etmesini azaltacağı gibi verimi de olumsuz yönde etkileyecektir.



3.4 Ultraviyolenin Malzemeler Üzerindeki Etkisi

Düşük yansıtıcılığa ve düşük geçirgenliğe sahip malzemelerin UV'yi yüksek oranlarda emmesi muhtemeldir. UV'nin kendiliğinden emilmesi, UV hasarının meydana gelebileceğinin bir göstergesi değildir, çünkü malzemeye etkilerini belirleyen fotokimya'dır. UV emilimi, kendiliğinden bozulmaya neden olabilecek ısı ile de sonuçlanabilir. Dolayısıyla, toplam soğurma, malzemelerdeki fotodegradasyon potansiyelinin bir göstergesidir, ancak yansıtma özelliği koruyucu etkileri gösterebilir. UV korumalı malzemeler, UV ışınlarına uzun süre maruz kalmadan zarar görmeyecek malzemelerdir.

Tablo 2. Çeşitli Malzemelerin UV Yansıtıcılığı (UVB-UVC) [9]

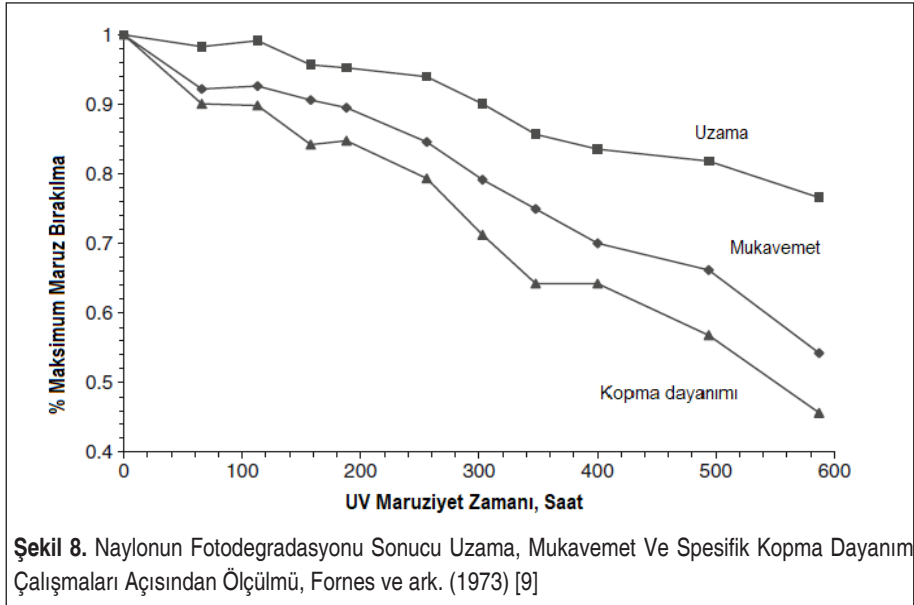
Malzeme	r %
EPTF Teflon	99+
Spectralon	95+
Alüminyum, etched	88
Evapored alüminyum	87
Magnezyum oksit	81
Alüminyum-Cam yüzeye püskürtülmüş	80
Zirkonyum oksit	78
Alüminyum folyo	73
Alüminyum boya	65
Beyaz duvar boyası	48
Stelit	46
Krom	44-45
Krom kaplanmış çelik	39
Nikel	37-38
Çelik	37
Çinko	37
Bakır	25-31
Kurşun	27
Beyaz kâğıt	25
Gümüş	22-23
Siyah boya	7
Pirinç	7
Ahşap malzemeler	5
Cam malzemeler	4
Açık hava	» 0

Birçok organik materyal UV ışınlarına duyarlıdır. UV'ye maruz kalacak malzemeler UV ışınımına dayanıklı olacak şekilde seçilmeli veya uygun malzemelerle kaplanmalıdır. Çoğu materyalin UV duyarlılığını sınıflandırmak için şu anda ölçülmüş bir değer bulunmamaktadır.

UV'nin ahşaba nüfuz etmesi ihmal edilebilir düzeyde olmasına rağmen üzerindeki kaplama, boyalar ve poliüretan köpükler UV maruziyeti altında bozulabilir. Plastikler, karbon omurgaları olan ve polimerler olarak adlandırılan büyük moleküllerdir. Çoğu zaman plastik, UV'ye nispeten dirençlidir ancak saf plastik zamanla UV maruziyeti altında sertleşerek esnekliği bozulacaktır. Ayna için özellikle camının uzun süre ultraviyole ışığa maruz kalması foto-okstlenmesine neden olacaktır. Bu da şeffaf cam türlerinin pembe veya mor bir renk geliştirmesine ve solarizasyona neden olacaktır.

UV ışınlarına dayanıklı malzemeler, UV ışınlarına uzun süre maruz kaldığında asgari düzeyde zarar görecektir. UV geçirgenliği ve UV yansıtma değerleri, UV emiliminin ve dolayısıyla potansiyel foto hasarın bir göstergesidir [9]. Genel anlamda kullanılan malzemelerin UV yansıtıcılarının listesi Tablo 2'de listelenmiştir.

Renk bozulmasına ek olarak, yapışma, esneklik, sertlik ve tokluk gibi diğer malzeme özellikleri de etkilenebilir. Şekil 8'de UV'ye maruz kalma altında malzemelerin özelliklerinin nasıl fotobozulma olabileceğine ilişkin bir örneği göstermektedir. Bu durumda naylon 66'nın gerilme mukavemeti ve diğer özellikleri UV maruziyeti altında incelenmiş ve maruz bırakılmamış örneklerle göre zamanla azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 8. Naylonun Fotodegradasyonu Sonucu Uzama, Mukavemet Ve Spesifik Kopma Dayanımı Çalışmaları Açısından Ölçümü, Fornes ve ark. (1973) [9]



3.5 Bakım

Maksimum verim için armatür ve lambalara düzenli bakım ve temizlik yapılmalıdır. İdeal olarak lambaların yüzey ve reflektörleri aylık olarak %70 alkol bazlı kimyasal dezenfektanlar ile temizlenmeli ve kurulanmalıdır. Lambanın quartz camı ve reflektör ne kadar temiz olursa üretilen UV ışınım açığa daha kolay ve yoğun şekilde saçılacaktır. Ayrıca lamba ömrü takip edilerek lambanın zamanında değiştirilmesi sağlanarak sistemin sürekli etkin çalışması mümkün olabilecektir. Bakım sırasında ortaya çıkabilecek riskleri azaltmak hatta ortadan kaldırmak için sistemde alınması gereken mühendislik önlemleri ve çalışanın uygulaması gereken tedbirler vardır. Bu tedbirler güvenlik, maruziyet doz değerleri, sağlık güvenlik işaretlemeleri, kişisel koruyucu donanımlar ve lambaların bertarafı başlıkları ile aşağıda belirtilmiştir.

3.5.1 Güvenlik

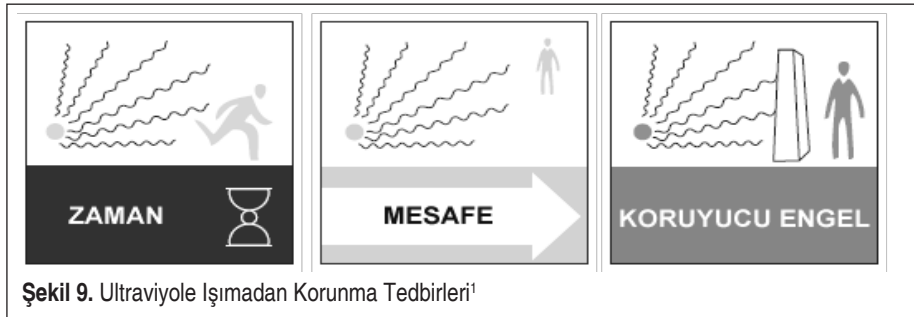
Herhangi bir dezenfeksiyon sistemi gibi UVC cihazları da güvenli olması için uygun şekilde kullanılmalıdır. UVC ışığı normal güneş ışığından çok daha güçlüdür ve ciltte ciddi bir güneş yanığı benzeri reaksiyona neden olabilir ve benzer şekilde maruz kalınırsa göz retinasına zarar verebilir. Ayrıca bazı lambalar da ozon üretebilir. Bu nedenle, genel makine-insan güvenliği tüm dezenfeksiyon cihazları ile göz önünde bulundurulmalı ve bu hususlar kullanım kılavuzunda, kullanıcı eğitiminde ve uygun güvenlik uyumluluğunda ele alınmalıdır.

Ultraviyolede korunmak için standart üç koruma önlemi vardır (Şekil 9).

Bunlar;

- Ultraviyole kaynağından uzak durmak
- Ultraviyole kaynağına maruz kalma süresini azaltmak
- Ultraviyole kaynağı ile araya engel koymak

Özellikle bu kurallara dikkat edilmezse çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilir[17]. UV ışına insan ve hayvanlarda çıplak deri ve gözde olumsuz etkiler yapar. Gözlerde



Şekil 9. Ultraviyole Işımadan Korunma Tedbirleri¹



konjonktivit, (konjonktiva tabakasının enflamasyonu) ve deride kızarıklığa (eritema) sebep olur. Bu tür etkiler çoğu zaman birkaç gün içinde tamamen iyileşse bile oldukça acı vericidir. Bu nedenle doğrudan ışığa bakılmamalı ve ısımanın çıplak deriye ulaşması engellenmelidir. Tablo 3’te ultraviyole sınıfında yer alan dalga boylarının insan sağlığına olan etkileri listelenmiştir [14].

Tablo 3. UV'nin Özellikleri ve Sağlığa Olan Etkileri [14]

Kategori (Adı)	Dalga boyu (nm)	Sağlığa etkisi	Özellik
UV-A	315-400	Katarakt, deri kanseri, retinal değişim	Solaryum ışımı
UV-B	280-315	Kornea hasarı, katarakt, fotokeratit, eritem, deri kanseri	Düşük mikrop öldürücü etki
UV-C	200-280	Kornea hasarı, fotokeratit, eritem, deri kanseri	Yüksek mikrop öldürücü etki
Vakum UV	10-200		Ozon oluşumu

3.5.2. Maruziyet doz değerleri

UVGI, mikroorganizmalara karşı kullanılan ajanlardır, ancak göz hasarı, cilt yanıkları

Tablo 4. UV-C Cihazları - Güvenlik Bilgisi - İzin İnsan Maruziyeti (ISO 15858:2016)

İzin verilen maruz kalma süresi	Etkili Işınım $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
24 h	0,07
18 h	0,09
12 h	0,14
10 h	0,17
8 h	0,2
4 h	0,4
2 h	0,8
1 h	1,7
30 dk	3,3
15 dk	6,7
10 dk	10
5 dk	20
1 dk	100
30 sn	200
15 sn	400
5 sn	1.200
1 sn	6.000



ve hatta cilt kanserine neden olma potansiyeli de dahil olmak üzere insanlar için çeşitli potansiyel sağlık sorunlarına neden olurlar [14].

UV-C Cihazları - Güvenlik bilgisi - İzin İnsan Maruziyeti, ISO 15858:2016 Standardı, UVGI ile doğrudan veya dolaylı olarak ilgili mevcut güvenlik yönergeleri, standartlar ve maruz kalma sınırlarının ayrıntılı bir özetini sunmaktadır. Tablo 4’de 8 saatlik bir süre içinde hem cilt hem de gözler için maruziyet sınır değerleri belirlenmiştir [14].



3.5.3 Sağlık güvenlik işaretlemesi

UVGI armatürlerinin monte edildiği yerlere tesislerin bakımını ve operasyon personeli UVGI’ye doğrudan maruz kalmanın potansiyel tehlikeleri konusunda uyarmak zorunludur. UV-C armatürlerin üzerine Şekil 10’daki sembol etiketlenmiş olmalıdır.

Ayrıca Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği’ne uygun şekilde armatürün kullanılacağı alanlarda bilgilendirme içerikli uyarı etiketi asılmalıdır. Şekil 11’de örnek bir uyarı işareti konulmuştur.



3.5.4 Kişisel koruyucu ekipmanlar (KKD)

Bakım esnasında açık UV radyasyonu ile çalışırken, vücudun tüm açık alanlarını kapsayan kişisel koruyucu ekipman kullanılmalıdır. UV radyasyonu giysi, plastik veya cam tarafından kolayca emilir. UVC cihazlarının çevresinde çalışırken, UV gözlüğü ve/veya tam yüz siperleri kullanılması sağlık açısından önemlidir.

Standart gözlükler ve normal güvenlik gözlükleri, gözleri UV ışınlarına karşı korumaz, bu nedenle yan pozlamayı korumak için lensin etrafına sarılan ANSI Z87 dereceli gözlükler önerilir [17]. Maruz kalan cildi korumak için laboratuvar önlüğü, nitril eldiven gibi koruyucu ekipmanlarla örtülmelidir. Ayrıca bakım ekibinin alanda kullanmak zorunda olduğu kişisel koruyucu donanımlar için sağlık ve güvenlik işaretlemesi yapılmalıdır.

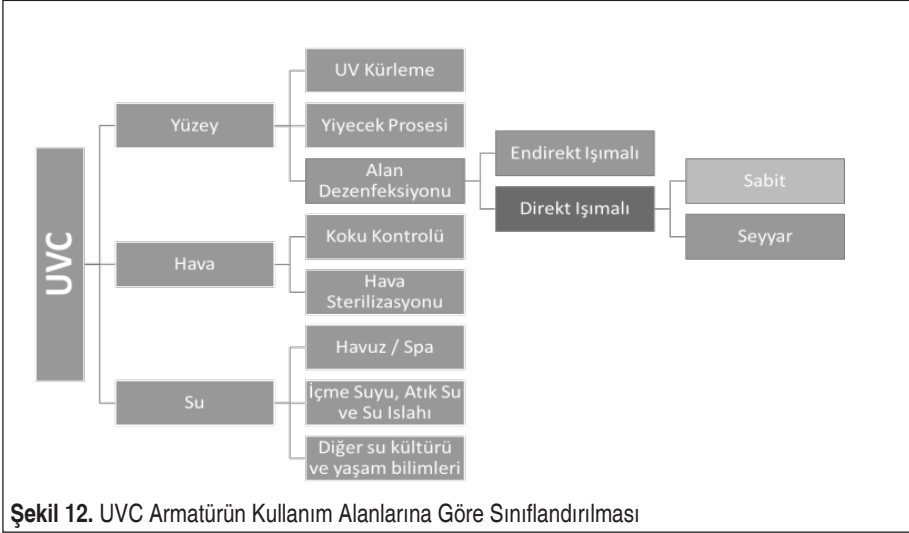
3.5.5 Lambanın bertarafı

UVC ışınım yapan lambaların içerisinde bulunan cıva sebebi ile diğer atıklardan farklı şekilde değerlendirilmelidir. UVC lamba atıklarını, ilgili yönetmeliklerle belirlenen esaslara uygun olarak izin ya da çevre lisansı almış atık işleme tesislerine göndermek gerekmektedir. “Atık Yönetimi Yönetmeliği” ve “Atık Elektrikli ve Elektronik Eş-

yaların Kontrolü Yönetmeliği” bu tip atıkların çevre ve insan sağlığına en az zarar verecek halde geri dönüşüm ve bertaraf yöntemleri hakkında bilgi vermektedir.

4. ORTAMLARA GÖRE UYGULAMA ÇEŞİTLERİ

UVGI armatürlerin, ortamda bulunan maddelere ve koşullara göre uygulama çeşitleri bulunmaktadır (Şekil 12). Yüzeylerin dezenfeksiyonu, belki de ultraviyole antiseptik radyasyonun en basit ve en öngörülebilir uygulamasıdır. UV, mikrobiyal büyümeyi kontrol etmede ve çoğu yüzey tipinin sterilizasyonunda oldukça etkilidir. İlk uygulamalar tıp endüstrisinde ekipman sterilizasyonunu içeriyordu. Modern uygulamalar farmasötik ürün dezenfeksiyonu, alan dezenfeksiyonu, soğutma bobini ve drenaj tavası dezenfeksiyonu ve cerrahi sütlükler için teppegöz UV sistemlerini içerir. Bu tür uygulamalar genellikle çıplak UV lambalarının kullanılmasını içerir ve bu nedenle bunlarla ilişkili UV tehlikeleri olabilir.



Şekil 12. UVC Armatürün Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması

4.1 Alan Dezenfeksiyon Uygulamaları

Direkt UVGI maruziyeti, yeterli zamanda herhangi bir yüzeyi dezenfekte edebilir. Teorik olarak, bir alanda sürekli düşük ışınım herhangi bir mikrobik büyümeyi kontrol edebilir. Bununla birlikte, pratik uygulamalarda, UV ışınlarının tamamen nüfuz edemeyeceği çatlaklar, gölgeli alanlar ve kalın yalıtım gibi yerler olabilir. Bu nedenle, yansıtıcı yüzeylerin yanı sıra tüm yüzeylerin her açıdan nüfuz etmesini sağlamak önemlidir.

Alan dezenfeksiyon sistemlerinin UV ışınım seviyeleri insanlar tarafından güvenli bir şekilde tolere edilebilecek seviyelerin üzerindedir. Bu sebeple kullanımlarına dikkat



edilmeli ve hiçbir tehlikenin oluşmaması için kullanım prosedürü hazırlanmalıdır.

4.1.1 Direkt Işınlı Uygulamalar

Alan dezenfeksiyon sistemleri taşınabilir ve kalıcı olmak üzere iki tiptir. Bu sistemler zamanlayıcılarla kontrol edilebildiği gibi manuel olarak belirli süreler için devreye giren ve çıkan yapılarıdır.

4.1.1.1 Sabit

Bu sistemler kalıcı olarak monte edilmiş alan dezenfeksiyon armatürleridir. Kullanımları genellikle açık alanlardaki yüzey kontaminasyonunu gidermek için ya iyileştirme ya da potansiyel tehlikelerin önlenmesi için kullanılabilirler. Sistem genellikle insanların olmadığı, sadece boş alanlarda kullanılır. Sabit UVGI sistemi olarak adlandırılan bir tür kalıcı armatürler, duvarlara veya tavanlara monte edilmek üzere tasarlanmıştır. İnsanların bulunmadığı zamanlarda devreye girer ve zamanlayıcılar, anahtarlar veya hareket detektörleri ile devreden çıkabilirler.

4.1.1.2 Seyyar

Bu sistemler taşınabilir sistemlerdir, yüzeylere direkt uygulanabilen hızlı ve etkilidirler. Taşınabilir UV üniteleri birçok boyut ve tipte mevcuttur. Fakat en çok kullanılan tipleri el tipi seyyar dezenfeksiyon üniteleridir.

4.2 Doz

UV dozu %90 dezenfeksiyon oranı D90 olarak ifade edilir. D90 değeri genellikle sistem boyutunun bir göstergesi olarak kullanılır ve mikropların hayatta kalma oranını değerlendirmek için kullanılır. Ayrıca yaygın olan D99 yani %99 inaktivasyon ile sonuçlanan doz ölçümü de kullanılmaktadır. UV ışınlamasına maruz kalan mikroorganizmalar aşağıdaki gibi UV ışınım gücünün maruziyet süresiyle çarpım sonucu oluşan bir denkleme tabidir. Bu denkleme (1) UV maruz kalma dozu denir.

$$D = Et \cdot IR \quad (1)$$

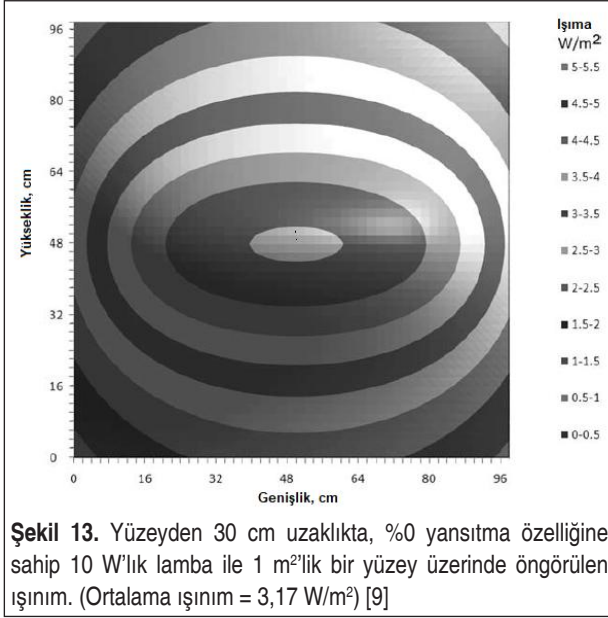
Açıklama;

$$D = \text{UV maruz kalma dozu (fluence), } J/m^2$$

$$Et = \text{Etki süresi, (saniye), } s$$

$$IR = \text{UV Şiddeti, } W/m^2$$

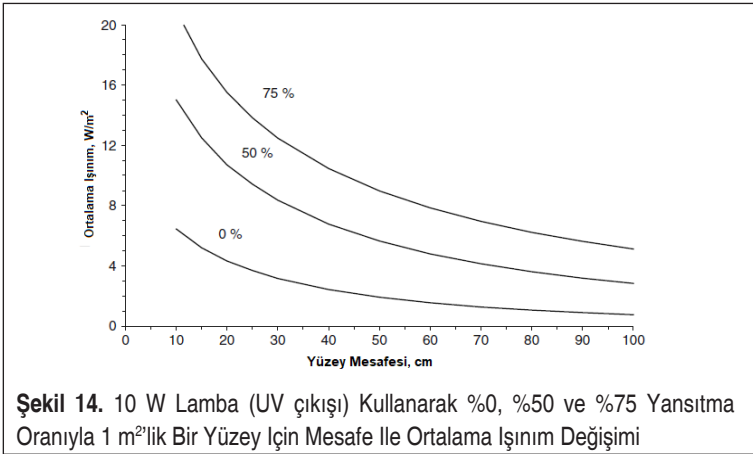
UV şiddeti; belirli bir alan üzerine tüm yönlerden gelen toplam ışınım gücünün bu belirli alana bölünmesiyle W/m^2 veya mW/cm^2 olarak ifade edilir. UV dozu; belirli bir alan üzerine tüm yönlerden gelen toplam ışınım enerjisinin bu belirli alana bölünmesidir ve J/m^2 veya mJ/cm^2 birimiyle gösterilir. Şekil 13'te yüzeyden 30 cm uzaklıkta 10 W'lık UV lambasının 1 m²'lik bir alandaki ışınım yayılımı örnek skala üzerinde



gösterilmektedir. Bu örnek grafikte görüldüğü gibi ışınım mesafeyle ters orantılı olarak azalmaktadır [10].

4.3 Etkinliğini Belirleyen Unsurlar

UV ışık kaynağının ya da kaynaklarının ne kadar mesafeden ne kadar süre boyunca uygulanması gerektiği ve yansıtıcılar UV dezenfeksiyon verimini belirlemektedir. Dezenfeksiyon süreci boyunca yüzeydeki/örnekdeki mikrop sayısı zamanla eksponansiyel olarak azalmaktadır.





Bir UV cihazının sağlayabileceği UV dozu temelde aşağıdaki parametrelere bağlıdır:

Reaktördeki UV ışın yoğunluğu: UV reaktörü içinde “ortalama UV ışın yoğunluğu” yeterince yüksek seviyede olmalı ve mümkün olduğunca homojen bir şekilde dağılmalıdır. UV ışın yoğunluğu, birim yüzey alana düşen UV-C 254 nm enerjisidir ve W/m^2 birimiyle ölçülür. Merkezi tek UV lambalı bir cihazın reaktör enkesiti düşünülürse UV lambaya yaklaştıkça UV ışın yoğunluğu artarken, uzaklaştıkça azalır (Şekil 14). Lambadan en uzak nokta olan UV reaktörü cidarında UV ışın yoğunluğu en düşüktür. UV ışın yoğunluğu UV reaktöründen akan suyun kalitesine de bağlıdır. Kıyasla daha kirli bir suda UV ışınları kısa mesafelerde enerjisini kaybedeceğinden ortalama UV ışın yoğunluğu temiz su şartlarına göre daha düşük olacaktır [10].

Temas süresi: UV reaktörü içinden akan suyun reaktör içinde yeterince kalması, böylece mikroorganizmaların UV ışınlarına “yeterli süreyle temas etmesi” gerekir. Bu nedenle reaktörde ihtiyaca uygun net hacim bulunmalıdır. Temas süresi “saniye” cinsinden belirtilir. Dezenfeksiyon için, UV ışın yoğunluğundan bağımsız, en az 1 saniye temas süresi gereklidir denilebilir. UV dezenfeksiyon gücü için ana ölçü olan “UV dozu” yukarıda açıklanan iki parametre ile hesaplanır: UV dozu [$Joule/m^2$] = UV ışın yoğunluğu [$Watt/m^2$] x Temas süresi [saniye] UV dozu birimi $J/m^2 = 0,1 mJ/cm^2 = 100$ mikroWatt-s/ cm^2 olarak birbirine dönüştürülebilen çeşitli şekillerde gösterilebilir. Eğer yeterli UV dozu uygulanmazsa, UV cihazı çıkışından alınan su numunelerinde önce “öldüğü” görülen bazı mikroorganizmaların sonradan DNA veya RNA’ları enzimler yoluyla onararak tekrar “canlandığı” gözlenmiştir. Bu olaya “fotoreaktivasyon” adı verilmiştir. Yapılan araştırmalar, 40.000 mikroWatts/ cm^2 (= 400 J/m^2) UV dozunun fotoreaktivasyon ihtimalini ortadan kaldırdığını göstermiştir. Fotoreaktivasyon sorununa karşı için UV cihazlarının en az 400 J/m^2 UV dozu verebilecek şekilde seçilmesi gerekir [10].

Malzemelerin reflektörlük özeliği: Ortalama ışınım mesafeye göre değişir ve yansıtma ile artırılabilir. Şekil 7’de, çeşitli yansıtıcılar için 10 m^2 ’lik (UV çıkışı) bir lambadan 1 m^2 ’lik bir yüzey üzerindeki ışınım mesafenin etkisini göstermektedir. Yansıtıcılık oranı %50 olan galvanizli çelik, %75 ise parlatılmış alüminyumdur. Alan içindeki yansıtma sadece ortalama ışınımı önemli ölçüde arttırmakla kalmayacak, aynı zamanda daha eşit bir ışınım oluşturmaya ve köşelerdeki minimum ışınımı arttırmaya yardımcı olacaktır.

Tablo 5’te, bilgisayar modellemesine dayanarak, lamba yüzey üzerinde ortalandığında çeşitli mesafeler, wattlar ve yansıtıcılıklar için 1 m^2 ’lik bir yüzeydeki ortalama ışınım değerlerini vermektedir. Bu öngörülen değerler 1 m^2 ’lik bir yüzey için geçerli olsa da herhangi alan için gerekli UV watt değerini konservatif olarak tahmin etmek için kullanılabilir. Tablo 5’de enterpolasyon yoluyla ortalama ışınımı tahmin etmek için kullanılabilir ve 1 m^2 ’yi temsil ettiğinden, daha büyük alanlar için yüzeylerini konservatif olarak yaklaşık tahmin edebilir [10].

**Tablo 5.** Bir Metrekare Yüzeyindeki Ortalama Işınım

Lamba Mesafesi (cm)	Ortalama Işınım, W/m ²								
	0% Yansıtıcı			50% Yansıtıcı			75% Yansıtıcı		
	10 W	20 W	30 W	10 W	20 W	30 W	10 W	20 W	30 W
10	6.45	12.89	19.34	15	30.07	45.11	20.91	41.83	62.74
15	5.19	10.38	15.57	12.5	25.00	37.50	17.73	35.46	53.19
20	4.32	8.65	12.97	10.7	21.47	32.21	15.51	31.02	46.54
25	3.68	7.35	11.03	9.41	18.81	28.22	13.83	27.65	41.48
30	3.17	6.34	9.51	8.35	16.70	25.05	12.48	24.97	37.45
40	2.43	4.86	7.29	6.77	13.54	20.31	10.45	20.91	31.36
50	1.92	3.84	5.76	5.64	11.28	16.92	8.97	17.95	26.92
60	1.55	3.10	4.64	4.79	9.58	14.37	7.84	15.69	23.53
70	1.27	2.54	3.81	4.13	8.26	12.38	6.95	13.90	20.85
80	1.06	2.12	3.18	3.6	7.20	10.81	6.23	12.45	18.68
90	0.89	1.79	2.68	3.18	6.35	9.53	5.63	11.26	16.89
100	0.76	1.53	2.29	2.83	5.65	8.48	5.13	10.25	15.38
120	0.57	1.14	1.72	2.28	4.57	6.85	4.33	8.66	13.00
140	0.44	0.89	1.33	1.89	3.78	5.67	3.73	7.46	11.19
180	0.29	0.57	0.86	1.36	2.73	4.09	2.89	5.77	8.66
200	0.24	0.47	0.71	1.18	2.36	3.54	2.58	5.15	7.73

4.4 Etkili Doz (UVC)

UV radyasyonun iyonize radyasyona göre penetrasyon gücü çok daha azdır. UV ışınlar tozsuz hava ve temiz su içinden kolaylıkla geçmesine rağmen; sıradan bir cam, kir ve yağ tabakaları, bulanık solüsyonlar, süt ve plastik gibi maddelere etkin olarak geçemezler. Dolayısı ile UV ışınlar organizmalara direkt olarak geldiğinde ancak etkili olabilmektedirler, UV kaynağı ile steril edilecek ortam arasında herhangi bir engel bulunmamalıdır. Katı maddeler içindeki mikroorganizmalar veya herhangi bir şekilde siperlenmiş, direkt UV ışıktan korunmuş mikroorganizmalar UV'den etkilenmeyeceklerdir.

100-240 nm aralığındaki ışık kaynakları atmosferdeki oksijen moleküllerini zehirli bir gaz olan ozon moleküllerine çevirebildiği için, ışık kaynağının 240 nm üzerinde seçilmesi önemlidir.

Prof. Dr. Afif Sıddıki'nin yaptığı bilimsel laboratuvar ve uygulama çalışmaları sonucu etkili doz değerlerini, 250 cm mesafeden bir dakikalık UV-C ışınımı ile Covid-19' un yok edildiği kanıtlamıştır (Tablo 6).



Tablo 6. UVGI Işınımı İle Korana ve Bazı Virüslerin Mesafeye Göre Öldürme Dozları (Prof. Dr. Afif SİDDİKİ)

Virüs	Doz ($\mu\text{W.s} / \text{cm}^2$)	15 cm (Saniye)	50 cm (Saniye)	250 cm (Saniye)
Covid-19	2.700	1.5	6	60 (1 dk)
Parvovirus	3.500	2	10	100 (1,5 dk)
Herpes virüs	5.700	3	15	150 (2,5 dk)
Picornavirus	7.200	4	19	190 (3,2 dk)

4.5 Ölçüm Yöntemleri

UV lambalar için üreticinin garantisi 8000 saat olup bu sürekli kullanımda 1 yıla tekbül eder. Ancak lambaların %90'ı için ortalama gerçek lamba ömrü ortalama 3 yıl kadardır. Lambanın ömrü ölçülerek belirlenmelidir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda kullanım kayıtları dikkate alınabilir veya kullanım süresine göre değiştirilebilir. Ölçüm için "International Light Meter, Model 1400A with SEL240 Detector" ya da "Gigahertz- Optik X911 with UV-3718-4 Detector" en çok tercih edilen cihazlardır. Lambanın etkililik ölçümleri önemli ve gereklidir. Etkili bir lambanın ilk kullanımında ölçülmesi gereklidir. 30 W lamba için 1 m mesafedeki ışımaya en az 100 mW/cm² olmalıdır. Ancak üst hava dezenfeksiyonunda daha önemlisi antiseptik alan (üst hava ışınması alanı) ölçülmesidir. Bunun için antiseptik alan içinde en az 3 farklı uzaklıkta (1 m, 2 m, 3 m) ölçüm yapılmalı ve ortalaması alınmalıdır. Etkili bir alanda bu değer 30 mW/cm²'den az olmamalıdır. Personel, hasta ve ziyaretçilerin UV ışınmalarından zarar görmemeleri için TS EN ISO 15858 Standardı, maruziyet sınırlarının aşılması gereklidir. Özellikle UV-C armatürün kurulumu sonrasında yapılmalı ve düzenli olarak ölçülerek kontrol edilmelidir. UV lambalar etkinlik ve güvenlik açısından düzenli olarak (6 ayda bir) ölçülmeli ve kayıt altına alınmalıdır [10].

Ölçüm sırasında;

1. Koruyucu gözlük kullanılmalı,
2. Açık lambaya korumasız gözle bakılmamalı,
3. Sensörün yönüne ve mesafesine dikkat edilmeli,
4. Ölçümleri kaydedilmeli,
5. Ozon kokusu olan uygunsuz lambaların işaretleyin ve lambayı hemen değiştirin.

5.ASANSÖRVEYÜRÜYENMERDİVENLERDEUYGULANMASI

5.1 Asansör Kabinde Kullanımı

Asansör kabininde mikrobiyal kirlenmenin en önemli etkeni insan sirkülasyonudur. Bu alanda Covid-19 temas ve hava yoluyla bulaşır. Dolayısıyla havanın sirkülasyonu önemlidir.



27.01.2019 tarihinde Purdue Üniversitesinde Q. Chen tarafından yapılan araştırmaya göre asansörde daha yüksek havalandırmanın daha düşük maruziyete yol açtığı sonu-

Tablo 7. Farklı Cansız Yüzeylerde Koronavirüs Ailesinin Kalıcılığı

Yüzey Tipi	Virüs Çeşidi	Sıcaklık	Yüzeyde Dayanma Süresi	Referans
Çelik	MERS-CoV	20 °C	48 Saat	[1]
	TGEV	4 °C	28 Saatten Fazla	[2]
	MHV	4 °C	28 Saatten Fazla	[2]
	HCoV	21 °C	5 Gün	[3]
Alüminyum	HCoV	21 °C	2-8 Saat Arası	[4]
Metal	SARS-CoV	Oda Sıcaklığı	5 Gün	[5]
Ahşap	SARS-CoV	Oda Sıcaklığı	4 Gün	[5]
Kâğıt	SARS-CoV	Oda Sıcaklığı	4-5 Gün Arası	[5]
Cam	SARS-CoV	Oda Sıcaklığı	4 Gün	[5]
	HCOV	21 °C	5 Gün	[3]
Plastik	SARS-CoV	22 °C - 25 °C Arası	5 Günden Az	[6]
	MERS-CoV	20 °C	48 Saat	[1]
	SARS-CoV	Oda Sıcaklığı	6-9 Gün Arası	[7]
	HCOV	Oda Sıcaklığı	2-6 Gün Arası	[7]
PVC	HCoV	21 °C	5 Gün	[3]
Silikon lastik	HCOV	21 °C	5 Gün	[3]
Seramik	HCOV	21 °C	5 Gün	[3]
Teflon	HCoV	21 °C	5 Gün	[3]

* "Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents" isimli yayından

[1] van Doremalen N, Bushmaker T, Munster VJ. Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions. Euro Surveill 2013;18.

[2] Casanova LM, Jeon S, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. Appl Environ Microbiol 2010;76:2712e7.

[3] Wames SL, Little ZR, Keevil CW. Human Coronavirus 229E Remains Infectious on Common Touch Surface Materials. mBio 2015;6:e01697e15.

[4] Sizon J, Yu MW, Talbot PJ. Survival of human coronaviruses 229E and OC43 in suspension and after drying on surfaces: a possible source of hospital - acquired infections. J Hosp Infect 2000;46:55e60.

[5] Duan SM, Zhao XS, Wen RF, Huang JJ, Pi GH, Zhang SX, et al. Stability of SARS coronavirus in human specimens and environment and its sensitivity to heating and UV irradiation. Biomed Environ Sci 2003;16:246e55.

[6] Chan KH, Peiris JS, Lam SY, Poon LL, Yuen KY, Seto WH. The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus. Adv Virol 2011;734690.

[7] Rabenau HF, Cinatl J, Morgenstern B, Bauer G, Preiser W, Doerr HW. Stability and inactivation of SARS coronavirus. Med Microbiol Immunol 2005;194:1e6.



cuna varmıştır. Tüm yolcuların uygun şekilde maske takması, maruz kalma riskini % 50 düşürdüğünü . İğne Uçlu Bipolar İyonizasyon Teknolojisi (NPBI) olarak adlandırılan hava temizleme ile % 20-30 daha azaltabildiğini kanıtlamıştır [18].

5.1.1 Asansörlerin Önemi

Asansör bir ulaşım aracıdır. Ülkemizde son yayımlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ne göre inşa edilecek 4 kat ve üstü binalarda asansör tesisi zorunludur. Asansör teknolojisindeki gelişmeler yüksek binaların sayısını artırırken, ülkemizde yüksek binaların, alışveriş merkezlerinin, havaalanlarının, otellerin, iş merkezlerinin, metro istasyonlarının sayıca artmasıyla beraber asansörlerin hayatımızdaki önemi de her geçen gün artmaktadır. Asansörlerin bina sahanlığından bulunulan kata çağırılmasını sağlamak ve kabin içerisindeyken de istenilen kata gidilmesini sağlamak amacıyla butonların olduğu kontrol panelleri bulunmaktadır. Genellikle paslanmaz çelikten yapılmıştır. Üzerinde bulunan tuşlar plastik malzemeden yapılmaktadırlar. Gün boyunca bu alanlara defalarca dokunulmaktadır. Asansörlerin içerisinde bulunan küpeşterler de seyahat esnasında yine tüm kullanıcıların temasına açıktır. Asansörlerin kabinlerinin kapalı bir odacık olduğu da düşünülürse havada asılı kalan parçacıkların insandan insana aktarılması ya da yüzeylere tutunup yaşaması ihtimal dâhilindedir (Tablo 7). Bu sebepler göz önünde bulundurulduğunda, ortak kullanım araçları olan asansörlerde virüs veya zararlı mikroorganizmaların bulaşma riski oldukça fazladır.

5.1.2 Asansör Kabinlerinin Dezenfeksiyonu

Salgın hastalıkların yayılımını engellemek için asansör kabinlerinin uygun yöntemlerle zararlı mikroorganizmalardan etkisiz hale getirilmesi veya tamamen yok edilmesi büyük önem arz etmektedir. Asansörlerde başlıca kullanılan kimyasal solüsyonlarla geleneksel dezenfeksiyon işlemleri yapılmaktadır. Bu dezenfeksiyon yöntemlerinde dikkat edilmesi gereken önemli detaylar aşağıda sıralanmıştır.

- Asansörlerin yüksek dokunuşlu ortak temas yüzeyleri olan düğmeler, tutma kolları özellikle işyeri gibi kullanım yoğun binalarda sabah saatlerinden mesai bitimine kadar 2-3 saat ara ile sabunlu su ile silinerek temizlenmeli. Ev asansörleri için -çok yoğun değilse- bu işlemin günde 2-3 kez yapılması yeterlidir.
- Silinen yüzeylerin çok kirli olduğu ve fazla sayıda kişi tarafından temas edildiği düşünülüyorsa sabunlu su ile silindikten sonra dezenfektan solüsyonlarla (alkol bazlı solüsyonlar veya çamaşır suyu) ilave temizlik yapılabilir.
- Asansör zeminlerinde kirlenme oldukça yüzey deterjanlarla silinmeli, gün sonunda ilave olarak sulandırılmış çamaşır suyu ile temizlik yapılmalıdır.

Çeşitli kimyasal karışımlar ile yapılan temizlik hijyen açısından yeterli verimi ve sürekliliği sağlayamadığı gibi yüksek maliyetli yöntemlerdir. Ayrıca kimyasal solüsyon-



larla temizlik yapan kişilere zararlı mikroorganizmaların bulaşma riski bulunmaktadır ve temizlikten hemen sonra asansör kabinine giren enfekte kullanıcı tekrar zararlı mikroorganizmaları asansör kabinine bulaştırabilmektedir.

Kısa aralıklarla ve otomatik sistemler kullanılarak yapılacak dezenfeksiyon işlemleri daha doğru sonuçlar verecektir. Hastanelerde, gıda sektöründe, ilaç fabrikalarında, kapalı gösteri yerlerinde, okullarda, kreşlerde ve ofis ortamlarında zararlı bakteri ve virüslerin etkisiz hale getirilmesi için kullanılan UVC ışınları, asansör kabinlerinin dezenfekte edilmesinde kullanılacak önemli bir yöntemdir.

5.1.3 Ultraviyole ışınları ile asansör kabinlerinin dezenfeksiyonu

Asansör kabinlerindeki zararlı bakteri, mantar ve virüsleri etkisiz hale getirmek için dalga boyu en kısa, enerjisi en yüksek olan UVC (Ultraviyole C) ışınları kullanılmaktadır. Ağırlıklı olarak 253,7 nm dalga boyunda radyasyon yayarak mikroorganizmaları öldürmek veya etkisiz hale getirmek için UVC lambalar kullanılmaktadır. Asansör kabinlerinin dezenfekte edilmesinde UVC lambaları farklı sistemlerde kullanılabilir. Bu sistemler aşağıdaki gibidir.

5.1.3.1 Kanal içi sistemler

Havalandırma kanal sistemine yerleştirilen UVC lamba cihazları, ortamdaki havanın kalitesinin artırılması ve dezenfekte edilmesi için kullanılmaktadır. Fan yardımıyla çekilen kabin havası UV-C ışını altından geçirilip tekrar kabine verilir. Bu yöntem ile kabin içerisinde havada asılı kalan virüsler yok edilebilir ancak yüzeylerdeki virüsler tutunmaya devam edecektir. Tek başına yeterli bir yöntem değildir. Bu sistemde kabin içerisinde yolcuların bulunmasında herhangi bir sakınca yoktur.

5.1.3.2 Seyyar ultraviyole el cihazları

Bu sistemler taşınabilir sistemlerdir, yüzeylere direkt uygulanabilir, hızlı ve etkilidirler. Taşınabilir UV üniteleri birçok boyut ve tipte mevcuttur. Fakat en çok kullanılan tipleri el tip seyyar sterilizasyon üniteleridir.

Kullanılması diğer çeşitlere göre daha pratiktir. Asansör kabininde havada bulunan zararlı mikroorganizmaların ve asansör kabininin istenilen yüzeylerine doğrultarak steril işlemi yapılabilir. Fakat otomatik ve sürekli uygulanacak bir yöntem olmadığı için ve sadece aylık bakımlarda uygulandığı için etkili bir yöntem değildir. Asansör kabini steril edildikten hemen sonra asansör kabinine giren enfekte kullanıcı tekrar zararlı mikroorganizmaları asansör kabinine bulaştırabilmektedir. Sterilizasyon sırasında asansör kabininde kimse bulunmamalı ve seyyar UVC lambasıyla sterilizasyon yapacak kişi uygun kıyafet, gözleri korumak için uygun gözlük kullanmalıdır.

5.1.3.3 Direkt ışınımla kabin tavanına sabit montajı yapılmış UVC lambaları ile dezenfeksiyon

Belirlenen zaman aralıklarında otomatik olarak çalışan asansör kabini tavanına sabit



montajı yapılan UVC lambalarından oluşan sistemlerdir. Bu sistemler asansör kabinlerinin hem yüzeylerinde hem de havada kalan zararlı mikroorganizmaların dezenfektasyonunda oldukça etkilidir.

UVC lambalar dezenfeksiyon ve sterilizasyon için uygun çözümler olmakla birlikte, UV-C ışınlarının insanlar üzerinde zararlı etkileri bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı, UVC lambaları çalışır halde iken ortamda bulunmaktan ve özellikle lambaya yakın mesafelerde durmaktan ve direkt temastan kaçınılmalıdır.

Asansör kabinlerinde yapılacak UVC lamba uygulamaları direkt ışığa prensibiyle çalışacak şekilde tesis edilmelidir. Bu yöntem ile UVC ışığın en yüksek verimde kullanılması ve etki etmesi sağlanır. Işık kaynağı etkisinin fazla olması istenen butonların, küpeşte gibi yüzeyleri doğrudan görecektir şekilde konumlandırılması etkiyi arttıracaktır. Işığı soğuracak malzemeler etkiyi azaltacağı için kaplama malzemesi olarak tercih edilmemelidir. Eğer tercih ediliyorsa ışık kaynağı bu yüzeylere dönük olmamalıdır [14]. Prof. Dr. Afif Sıddiki'nin yaptığı bilimsel laboratuvar ve uygulama çalışmaları sonucu, 250 cm mesafeden bir dakikalık UVC ışınımı ile koronavirüsünün yok edildiği kanıtlanmıştır.

Dezenfeksiyon işlemi sırasında, UVC lambalarının yaydığı ışınımın ulaşmadığı gölge alanlar kalabilmektedir. Gölgede kalacak alanlardaki zararlı mikroorganizmalara etki etmeyeceğinden tek başına kullanılması tavsiye edilmemekle birlikte ışınımın ulaştığı tüm yüzeylerde etkili bir dezenfekte yöntemidir.

UVC lambaların asansör kabinlerinde kullanımında dikkat edilecek hususları şu şekilde sıralayabiliriz:

- İşlem esnasında içeride kullanıcı bulunmamalıdır. Kullanıcıların direkt temasını engellemek için gerekli tüm önlemler alınmalıdır.
- Direkt ışınımlı UVC lambalarının sabit olarak montajının yapıldığı sistemlerde UVC lambaları aktif iken asansör kabininde kimsenin olmadığı otomatik bir sistem tarafından kontrol edilmeli ve birden fazla tertibatla denetlenmelidir.
- Mevcut asansörlerde tesis edilecek UVC lambaların yayacağı ışınlar hakkında bilgi sahibi olunmalıdır. Kabin içi materyalleri üreten firmalardan malzeme yapısına etkisi hakkında görüşler alınmalıdır.
- Bu sistemlerin kurulumu, periyodik bakımı ve temizliği sırasında yetkili personel, UVC etkisine karşı, saydam olmadığı bilinen ve maruz kalan cildi kaplayan kıyafetler giymelidir. Ayrıca EN 170 Standardı'na uygun, gözleri UVC ışınlarından koruyan gözlük, yüz siperliği kullanılmalıdır.
- UVC lambalarının montajı, bakımı, temizliği ve bertaraf edilmesi konusunda yetkili personele gerekli eğitimler verilmelidir.



- UVC lambalarının kullanıldığı asansörlerde kabin içerisinde ve katlarda uygun uyarıcı işaretler ve bilgilendirme etiketleri bulunmalıdır.

5.1.4 Asansör kabinlerinde kullanılacak UVC lambalar

UV lambalar, yüksek basınç ve düşük basınç cıva lambaları olmak üzere iki tiptir. Asansör kabini için kullanılacak UVC lambaları düşük basınç cıva lambaları olmalıdır. UVC dalga boylarının mikrop öldürücü etkinliği türler arasında değişebilir. Düşük basınçlı cıva buharı lambaları, enerjilerinin yaklaşık %95'ini 253,7 nm dalga boyunda yayarlar. Bu lambaların ömürleri 8.000 ile 12.000 saat arasında değişmektedir [9].

UV-C radyasyonu kısa dalgaboyu ve yüksek enerjisi nedeniyle her çeşit mikroorganizmayı etkisiz hale getirebilmektedir. Mikroorganizmaların yok edilmesi için gerekli enerjinin miktarı dozaj olarak ifade edilir. Bir mikroorganizmayı öldürmek için gerekli doz, zamana ve dozajın yoğunluğuna bağlıdır. Işıma süresi arttıkça veya ışımaya şiddeti arttıkça, yani voltaj veya ışık kaynağına yakınlık arttıkça, ölen vejetatif hücre sayısı da artar. Ortalama bir bakterinin UV lambasının 5 cm yanında 2 sn'de tahrip olduğu, ultraviyole lambalarının mikroorganizmalar üzerinde; 2,5 metreden %99, 5 metreden %97, 7,5 metreden %95 oranında etkili olduğu belirtilmektedir. Önemli olan, dezenfekte edilecek yüzeylerin UV-C ışığını direkt ve en yakından alabilmesidir [9].

5.1.5 Asansör kabininde küpeşte (tutamak) ve kumanda panellerinin konumu

Engelliler için de tasarlanan asansör kabininin yan duvarında en az 1 adet küpeşte(tutamak) bulunmalıdır. İlgili asansör standardına bakıldığında; tutamağın kavranan bölümünün en kesit boyutları, yarıçap en az 10 mm olmak üzere, 30 mm ile 45 mm arasında olmalıdır. Duvar ile kavranan bölüm arasındaki boşluk en az 35 mm olmalıdır. Kavranan bölümün üst kenarının kabin tabanından yüksekliği (900 ± 25) mm dâhilinde olmalıdır. (TS EN 81-70: 2018 Madde 5.3.2.1)

TS EN 81-70: 2018 standardına bakıldığında; kabin zemin seviyesi ile kabin içerisinde bulunan kumanda panelindeki en alt butonun merkez çizgisi arasındaki minimum yükseklik 850 mm olmalıdır. Kabin zemin seviyesi ile kabin içerisinde bulunan kumanda panelindeki en üst butonun merkez çizgisi arasındaki maksimum yükseklik 1.200 mm olmalıdır. Ayrıca durak kapılarının ve kabin kapısının minimum 2 m yükseklikte serbest açıklıklara sahip olmaları gerekmektedir. (TS EN 81-70: 2018 Tablo 5 -Kontrol Cihazları - Düzenleme Koşulları)

Binadaki insan trafiği yoğunluğuna ve binanın yüksekliğine göre farklı hızlarda ve farklı kapasitelerde asansör montajları yapılmaktadır. Ayrıca tasarlanacak kişi sayısına, tasarlanan asansör kapasitelerine göre standartta minimum ve maksimum kabin alanları tariflenmiştir.

5.1.6 Asansör kabinin tasarımı ve UVGI lambalarının simülasyonu

Asansör kabininde kullanımın etkinliğini, daha az ışınım olan gölgeleri - alanları bul-

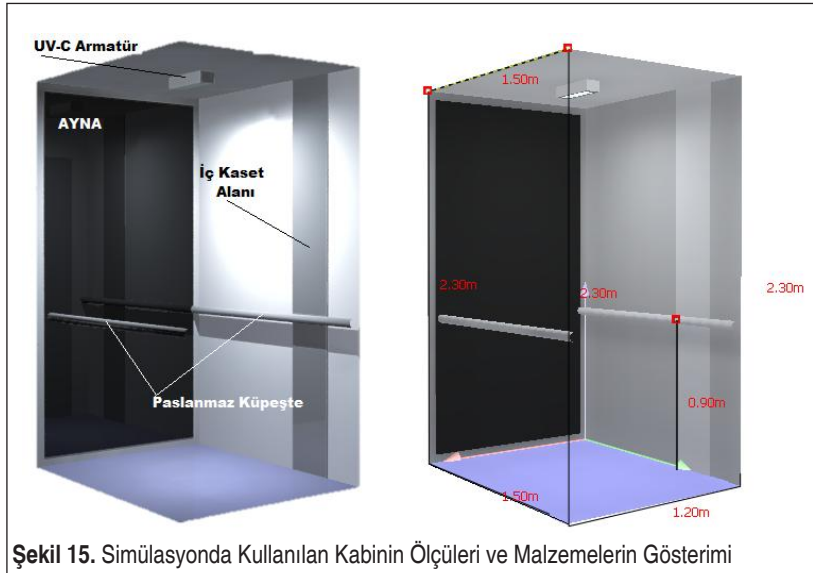


mak için armatürün doğru konumlandırılması için simülasyonlar yapıldı. Simülasyonlar DIALUX yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi.

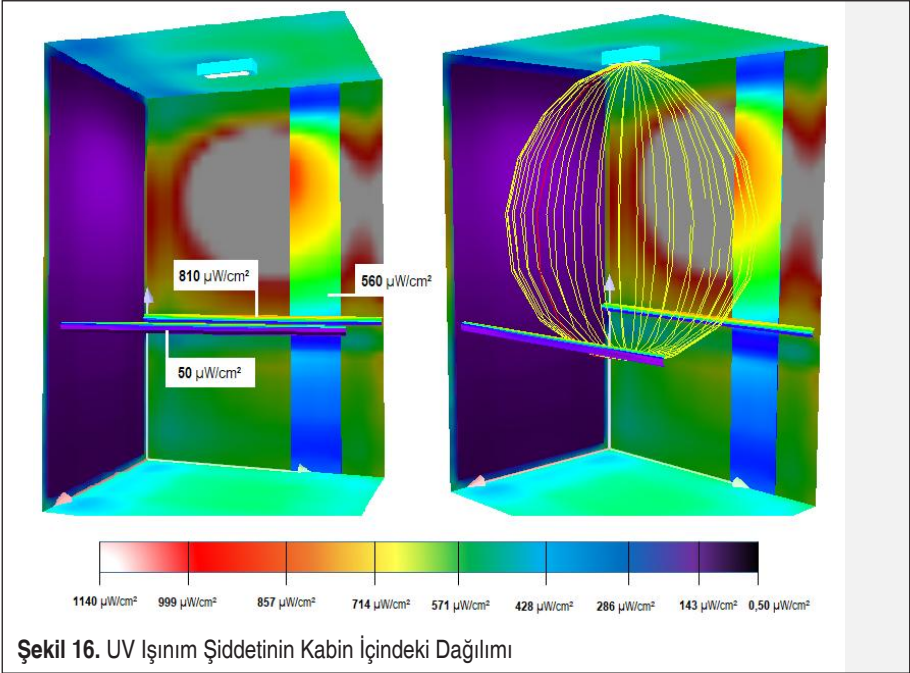
Simülasyonda kullanılan örnek kabin ölçüleri ve malzemeler:

Kabin ölçüleri 120 cm x 150 cm x 230 cm (en x boy x yükseklik) seçilmiştir. Kabin içinde; dik yüzeyler paslanmaz, zemin mermer, cam ayna, 90 cm yüksekliğinde küpeşterler ve iç kaset malzemeleri kullanılmıştır. Armatür; direkt ışınımlı, reflektörlü ve içinde UV-C 15 W'lık HNS 15 W G13 (OSRAM) lamba kullanılmıştır. Simülasyonda armatür yerleşimi maksimum verimi sağlaması için konumlandırılmıştır. Kabin içinde yoğun olarak paslanmaz çelik kaplaması kullanılmış, özellikle arka kesitte ışınımın absorbe edildiğini göstermek için cam ayna kullanılmıştır. Zemine mermer yansıma değeri girilmiştir. Küpeşterler yerden 90 cm ve kaset butonları 90-120 cm aralığında olacak şekilde konumlandırılmıştır.

Simülasyonda kullanılan lamba 15 W giriş, 4,9 W çıkış gücünde ve 7800 cd ışık şiddetindedir. Şekil 16'da görüldüğü üzere cam aynanın yansıma katsayısı çok kötüdür ve ışınımı soğurma etkisi kabinde kullanılan tüm malzemelerden fazladır. İnsanların en çok dokundukları alanlar küpeşte ve kayıt butonlarıdır. Küpeşterlerin arka ve alt kısımları gölgelik alanda kaldıklarından dolayı en az ışınımı almaktadır. Simülasyonda kabin içine, bir saniyelik ışınım yapıldığında küpeşte üstüne $810 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ve küpeşte altında $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ışınım yapılmaktadır. Aynı şekilde kabin buton alanına da $560 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ışınım yaptığı simüle edilmiştir.



Şekil 15. Simülasyonda Kullanılan Kabinin Ölçüleri ve Malzemelerin Gösterimi

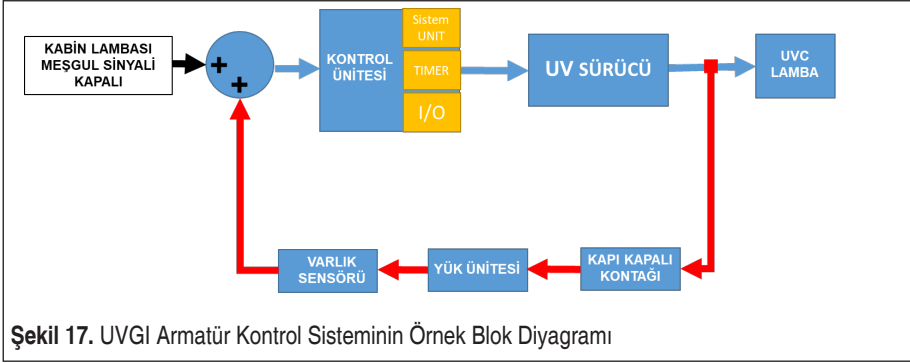


UV-C ışınım ile yapılan bir dezenfeksiyon yönteminin etkinliği, kullanılan doza doğrudan bağlıdır. Kısa bir süre boyunca yüksek yoğunluk veya uzun bir süre boyunca düşük yoğunluk, pratik olarak değiştirilebilir ve neredeyse aynı dezenfekte edici etkiye sahiptir. Etkili doz hesaplaması yaparken kabinin boşta bekleme zamanı kabindeki ışınımın en az olduğu değere göre yapılmalıdır.

Uluslararası Ultraviyole Derneği (IUVA), UV dezenfeksiyon teknolojilerinin, mevcut dezenfeksiyon verilerine ve ampirik kanıtlara dayanan Covid-19, SARS-CoV-2'ye neden olan virüsün ortam içinde azaltmada kullanılabileceğini vurgulamasına rağmen henüz kesin olarak kanıtlanmış bir bilimsel çalışma mevcut değildir. Fakat UV, doğru uygulandığında Covid-19 virüsü ile temas halinde enfeksiyon kapma riskini azaltmaya yardımcı olabilecek yüzeyler için bilinen bir dezenfektan yöntemidir. Çoğu bakteri ve virüsleri %90 oranında öldürmek için 2.000 ila 8.000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ arasında doz uygulamanın yeterli olduğu kanıtlanmıştır [14].

5.1.7 Sistemin kontrolü

UVC ışığın insan sağlığı açısından sakıncaları mevcuttur. Özellikle direkt ışınım altında uzun süreler sonucunda göz ve ciltlerde kalıcı sağlık sorunlarına neden olduğu belirtilmiştir. Sistem her ne kadar kabin içinde kimse yokken çalıştırılıyor olsa bile belli güvenlik aşamalarından geçerek çalıştırılması gereklidir. Bu kontrolü sağlamak için tasarlanmış örnek blok diyagram Şekil 17'de mevcuttur.



Şekil 17. UVGI Armatür Kontrol Sisteminin Örnek Blok Diyagramı

Blok diyagramda kontrolü yapılan UVGI lambanın çalışması için birinci güvenlik önleminden geçmesi yani kabin lambasının sönmesi veya meşgul sinyalinin kesilmesi dair bilginin alınması gereklidir. Bu referans sinyalin gelmesi ile sistem çalışmaya başlayarak diğer güvenlik aşamalarını sorgulayacaktır. Ana kontrol sistemi öncelikle ışımamanın kabin içinde kalmasını sağlamak için mutlak suretle kapıların kapalı olduğunu kontrol edecektir, sonra kabinde kişi varlığını sorguladıktan sonra sistemin çalışmasına (ışımamanın oluşmasına) izin verecektir.

Sistemin çalışması; UVC lambanın çalışması için öncelikle kabin lambası sinyalin ve/veya meşgul sinyalinin deaktif olması gereklidir. Asansör panosundan gelen bu ön koşul referans değeri güvenliğin ilk aşamasıdır. Ön koşul referans değeri aktif olduktan sonra ikinci güvenlik aşamasının sorgulaması yapılır; bu aşamada asansör kabini içine yerleştiren varlık sensörü ve kabin askı halatına veya kabin altına yerleştiren yük hücresiyle alanda kişi/kişilerin varlığın sorgulaması yapılır. İkinci sistemin güvenlik seviyesini yükseltmek için birbirine seri bağlı iki kontaklardan oluşturulmuştur. Bu iki kontakın kontrolü birbirinden bağımsız ve birbirini destekleyecek şekilde tasarlanmıştır. Son ve üçüncü güvenlik aşaması; eğer referans sinyal gelmiş ise ve alanda kimsenin olmadığı kontrolcü tarafından tespit edilmiş ise son güvenlik aşaması olarak kontrolcü kapı kontaktlarından gelen sinyalin aktif olmasını sorgulayacaktır. Böylece hem ışımamanın asansör kabini dışına ulaşarak insanlara zarar vermesi önlenerek hem de ışımamanın tüm kabine yansıma yaparak homojen dağılması sağlanacaktır. Son aşamada sistem kapıların kapalı olduğunu algıladıktan sonra UVGI lamba ışımaya yapmaya başlayacaktır. Sistemin aktif olarak çalışması ve sürdürülebilir olması için yardımcı takip-izleme ara birimlerine ihtiyaç vardır. Bunlardan en önemlisi lambanın çalışma ömrü içinde kalmasının sağlanması diğer ise ışımamanın takibidir. Kontrol ünitesi lambanın çalışma süresi içinde ışımamasını yapması için lamba ömrü bilgisini ve sistem hatalarını bina yöneticisine ve operatöre iletmesi çok önemli bir kontrol aşamasıdır. Bunun için UVC kontrol ünitesi ile asansör kumanda sisteminin birbiriyle iletişim halinde olması gereklidir. İki sistem çift taraflı seri veya paralel tesisat aracılığıyla sinyal iletmesi UVC lambanın etkin çalışmasını sağlayacaktır. Ayrıca asan-



sör ilk hareketinden sonra belli bir saniye park halinde (kabinde kimse yokken, kapı kapalıyken) UVC lambasının ışık saçmasına izin verilerek bir önceki trafikte oluşan mikrobiyal kirlenme en aza indirilebilir.

5.2 Yürüyen Merdivenlerde Kullanımı

Yürüyen merdivenler ve yürüyen bantlar yapım ve montaj açısından belirli standartlara göre yapılan mühendislik ürünleridir. Yürüyen merdiven ve bantlarda kullanıcıların en çok temas ettiği bölüm el bandı kısmıdır. El bandı, yürüyen merdivenler veya yürüyen bantlar kullanılırken kişilerin tutunduğu güç tahrikli hareket eden sistemlerdir. El bantları kompozit yapıya sahiptir. Kauçuk yapraklar arasında çelik lifler mevcuttur. El bantlarının ağırlıkları 1,8-2,5 kg/m arasında el bandının kesit boyutlarına bağlı olarak değişir. Korkuluk sistemi üzerinde kapalı döngü içerisinde hareket ederler. Şu anda ülkemizde de yürüyen merdiven ve yürüyen bantların yapım ve montaj aşamasında kullanılması zorunlu olan TS EN 115-1:2017 Standardı'nda belirtildiği gibi el bandı, insanların yürüyen merdiveni veya yürüyen bandı kullanırken tutmaları gereken bölümdür. TS EN 115-1:2017 standardının 7.2.1.2.1 maddesinde ifade edilen zorunlu hareket işaretlerinden biri de “el bandını kullanın” işaretidir (Şekil 18).

Havaalanı, metro ve AVM gibi yerlerde milyonlarca insanın temas etmek zorunda kaldığı el bandı salgın hastalıkların bulaşması için önemli bir etkidir. 2019 yılının Aralık ayında Çin’de insana bulaştığı duyurulan Covid-19’un yarattığı salgın tüm dünyada ve ülkemizde hızla yayılmaya ve can kayıplarına neden olmaya devam etmektedir. Virüs, temel olarak insandan insana ve solunum yoluyla bulaşmaktadır, ancak virüs taşıyan yüzeylere temas etmiş olan ellerin ya da virüslü yüzeylerin ağız, burun veya gözlere temasıyla da bulaşma riski çok yüksektir. Mevcut durumda yürüyen merdiven ve yürüyen bantlardaki el bandı temizleme işlemi el ile yapılmaktadır. Bu şekilde yapılan temizlik hijyen açısından yeterli verimi ve sürekliliği sağlayamadığı gibi işgücü gerektirdiği için ekonomik kayba da neden olmaktadır.

5.2.1 El bantlarının UVC ışınları kullanılarak sterilizasyonu



Şekil 18. Yürüyen Merdiven El Bandı Kullanımı

İnsanların en çok temas ettiği kısım olan el bandının UVC ışınlarıyla sterilizasyonu konusunda birçok firmanın ARGE aşamasında başlattığı çalışmaları kamuoyu takip etmektedir. El bandının UVC ışınlarıyla sterilizasyonu insandan insana aktarılabilecek çeşitli bulaşıcı hastalıkların önlenmesi için etkili bir yöntemdir.

Belirli dalga boyuna sahip olan UVC ışığı, mikropların DNA’sını tamamen yok



ederek, enfeksiyon kaynaklarının yayılmasını engellenmektedir. Ayrıca kullanılan UVC ışınları doğrudan kullanıcılara nüfuz etmediğinden ve herhangi bir kimyasal madde kullanılmadığı için kullanıcılara zarar vermemektedir. El bantları kapalı döngü içerisinde hareket ettiklerinden dolayı UVC ışınlarının kullanıldığı cihazların kullanıcıların ulaşamadığı alt veya üst istasyona montajına imkân vermektedir.

5.2.2 UV cihazlarının uygun montajı ve işletilmesi için dikkat edilmesi gereken hususlar

- Sterilizasyon için yapılan tasarımlar mutlaka güncel ilgili standartlara ve yönetmeliklere uymalıdır.
- Bağlı bulunduğu yürüyen merdiven ya da yürüyen bant ünitesinden bağımsız dönüşmemelidir, birlikte çalıştığı yürüyen merdiven ya da bant ile uyumlu hareket edebilecek şekilde tasarlanmalıdır.
- UVC ışınlarının kullanıldığı cihazların, yeterli donanıma sahip sağlık kuruluşlarınca ve gerekli belgelere sahip test laboratuvarlarınca testleri yapılmış olmalıdır.
- Hangi şartlar altında ne kadar steril edebildiğini gösterir raporları mutlaka olmalıdır. Bu raporlarda tarih, testleri yapan kişi ve kurum bilgileri bulunmalıdır. Raporlar sorgulanabilir özellikte olmalıdır.
- Standartlarca belirlenmiş elektriksel tedbirler (topraklama, kaçak akım röleleri vb.) mutlaka alınmalıdır. (TS EN 115-1: 2017 madde 5.11.1.6, madde 5.11.1.3, madde 5.11.4)
- Ortaya çıkabilecek ve standartlarca sabit tüm mekanik tehlikeler (TS EN 115-1: 2017 madde 4.2) ortadan kaldırılmalıdır, güvenli kullanım için gerekli özen gösterilerek tasarım yapılmalıdır.
- UVC cihazlarının bakımlarını yapacak ya da arızalarını giderecek personeller, gerekli eğitimleri almış olmalıdırlar. Uygun donanımlara (TS EN ISO 15858) sahip bir şekilde bakıma başlamalıdırlar. Eğer cihaz, yürüyen merdiven ya da banda sonradan eklenmiş ise mutlaka bu ünitelerin bakımından sorumlu personel eşlik etmelidir.

UVC ışınlarının kullanıldığı cihazların kullanıcıların temas edebildiği yürüyen merdiven ya da yürüyen bantların dış kısmına montajı yapıldığında ilave olarak aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Yaşanabilecek bir sıkışma durumunda devreye girecek elektrikli güvenlik tertibatları TS EN 115-1: 2017 madde 5.6.4.3'e göre eklenmelidir. Eklenecek elektrikli güvenlik tertibatları tahrik makinasının çalışmasını durdurmalı, el bandı ile uyumlu çalışmalıdır ve kontrolsüz çalışmanın önüne geçmelidir.
- Eğer cihazlar korkuluklara montajlanmış ise ek bir yük ortaya çıkarmamalı, korkuluk özelliklerine (TS EN 115-1: 2017 madde 5.5.2, madde 5.5.2.1, madde 5.5.2.2, madde 5.5.2.3) olumsuz etkiler yaratmamalıdır.



- Yürüyen merdiven veya bantlara tasarım aşamasında güvenlik çalışmaları yapılmadan sonradan eklenmiş tertibatlar, el bandına yatayda en fazla 80 mm ve dikeyde en fazla 2,5 mm yaklaşmalıdır. (TS EN 115-1: 2017 Madde 5.10) Şekil 6'da belirtilen ölçüleri sağlamayan cihazlar, kullanıcı açısından çok tehlikelidir.
- Dışarıdan montajlanmış cihaz, yürüyen merdiven veya bantların giriş ve çıkışlarında olması gereken mesafeleri ve hareket alanlarını (TS EN 115-1: 2017 ek A.2.5) engellememelidir. Ayrıca kuyu kapaklarına baskı yapmamalıdır. Bakımlar da ya da acil müdahale gerekebilecek durumlarda engel teşkil etmemelidir.

6. SONUÇ

UVC ışınları gözle görülemediğinden, insanlar fark etmeden çok önce tehlikeli UVC dozlarına maruz kalabilirler. UVGI uygun şekilde kullanıldığında, patojenlerin öldürülmesinde veya etkisizleştirilmesinde çok etkilidir. Ancak insanlara zarar verebilir, bu nedenle Covid-19'un hafifletilmesine yardımcı olmak amacıyla piyasaya sürülen teknolojileri değerlendirirken dikkatli olunmalıdır.

İyi mühendislik tasarımı, uygun prosedürler ve otomatik kontroller, UV maruziyetinden kaynaklanan tehlikeleri en aza indirecektir. UVGI lambalar doğru seçildiği, kurulduğu ve bakımı yapıldığında asansör ve yürüyen merdivenlerde hijyen ve saniteasyona önemli katkıları olabilir.

Mutlak suretle güvenlik standartlarına uygun sertifikalı ürünlerin kullanılmasına dikkat edilmelidir. Asansör, yürüyen merdiven ve bantlara yerleştirilen harici cihazlar sistem ile uyumlu bir şekilde çalışmalıdır. Elektriksel ve mekanik olarak tehlike arz edecek durumların ortaya çıkmaması için güvenlik tertibatları kullanılmalıdır. Kullanılan tüm cihazlar periyodik kontrollerle denetlenmelidir.

UVGI ışınlarının kullanıldığı cihazların akredite kuruluşlarca testleri yapılmış olmalıdır. Ayrıca hangi şartlar altında ne kadar etkili olduğunu gösterir raporları mutlaka olmalıdır. Bu raporlarda tarih, testleri yapan kişi ve kurum bilgileri bulunmalıdır. Kırsaca raporlar sorgulanabilir özellikte olmalıdır.

Özellikle UVC ışınların malzemeler üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Üzerine etki eden malzemeleri yıpratıp, dayanımlarını azalttığı, renklerini soldurduğu gibi olumsuz sonuçlara neden olduğu testlerle kanıtlanmıştır. Işınımın yol açacağı fiziksel hasarlara karşı alanda kullanılacak malzemelerin seçimine ve tasarıma dikkat edilmelidir.

Bakım sırasında ortaya çıkabilecek riskleri azaltmak hatta ortadan kaldırmak için sistemde alınması gereken mühendislik önlemleri ve çalışanın uygulaması gereken tedbirler vardır. UVC ışığı normal güneş ışığından çok daha güçlüdür ve ciltte ciddi bir güneş yanığı benzeri reaksiyona neden olabilir ve benzer şekilde maruz kalınırsa göz retinasına zarar verebilir. Ayrıca bazı lambalar da ozon üretebilir. Bu nedenle, genel



makine-insan güvenliği tüm dezenfeksiyon cihazları ile göz önünde bulundurulmalıdır ve bu hususlar kullanım kılavuzunda, kullanıcı eğitiminde ve uygun güvenlik uyumluluğunda ele alınmalıdır.

UVGI armatürlerinin monte edildiği yerlere tesislerin bakımını ve operasyon personeli UVGI'ye doğrudan maruz kalmanın potansiyel tehlikeleri konusunda uyarmak zorunludur. Bu armatürlerin kullanıldığı yerlerde uluslararası geçerliliği olan işaretlere de yer verilmelidir.

Bakım esnasında açık UV radyasyonu ile çalışırken, vücudun tüm açık alanlarını kapsayan kişisel koruyucu ekipman kullanılmalıdır. UV radyasyonu giysi, plastik veya cam tarafından kolayca emilir. UVC cihazlarının çevresinde çalışırken, UV gözlüğü ve/veya tam yüz siperleri kullanılması sağlık açısından önemlidir.

Lambaların bertarafı, ilgili yönetmelikler çerçevesinde çevre ve insan sağlığına en az zarar verecek şekilde prosedürler tanımlanmalıdır.

KAYNAKÇA

1. **Demirbaş, Ü.** Mikropları Ultraviyole Işımla Nasıl Yok Ederiz?, Center for Free-Electron Laser Science, Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Notkestraße 85, 22607 Hamburg, Germany: 5 Nisan 2020.
2. **Kuş, K.** Radyasyon Nedir?, Bilkent Üniversitesi Sağlık Merkezi, <http://bilheal.bilkent.edu.tr/aykonu/ay2011/radyasyonturk.htm> (Erişim tarihi: 12/05/2020).
3. **Türkkan, A., Pala, K.** “Çok Düşük Frekanslı Elektromanyetik Radyasyon ve Sağlık Etkileri”, Uludağ University, Journal of The Faculty of Engineering 14 (2009).
4. **Korkutal, İ., Akçay, E., Bahar, E., Günal, D., Akçay, G.** “Farklı Sürelerle Ultraviyole (UV-C) Uygulamalarının Kaynaştırma Odası Koşullarında Aşılı Asma Çelikleri Üzerine Etkileri”, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 22 (2009): 9-14 <https://dergi-park.org.tr/pub/akdenizfderg/issue/1572/19471>.
5. **Kutlubay, Z., Engin, B., Serdaroğlu, S., Tüzün, Y.** 2010. Dermatolojide Ozon Tedavisi, Dermatolozi, 1(4): 209-216.
6. **Sevilgen, Ö.** 2009. Ozon, Klor ve Hidrojen Peroksit Uygulamalarının Pazıda Klorofil Miktarı Üzerine Etkileri, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75s, Ankara.
7. **Vural, T.** Bakterilerin yaşam siklusu ve üremelerinin kontrolü. Ustaçelebi Ş (editör). Temel ve Klinik Mikrobiyoloji. Ankara: Güneş Kitabevi, 1999:35-44.
8. **Koutchma, T.** UV-Light For Processing Foods, Ozone: Science And Engineering, 30(1), 93–98, doi:10.1080/01919510701816346, 2008.
9. **Kowalski, W., (Ed.)**, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, UVGI Disinfection Theory, 2009.



10. **Aydın, K.** Ultraviyole Işınları İle Suların Dezenfeksiyonu, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2009
11. **W. J. Kowalski, T. J. Walsh, V. Petraitis,** “2020 COVID-19 Coronavirus Ultraviolet Susceptibility 10.13140/RG.2.2.22803.22566, 2020.
12. **Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., Steinmann, E.** Persistence of Coronaviruses on Inanimate Surfaces and Their Inactivation With Biocidal Agents, Journal Of Hospital Infection; 104, 246e251, 2020.
13. **Ceyhan, İ.** İsmail TSE Standart Ekonomik ve Teknik Dergi, 677 sayı, Nisan 2019, ISSN:1300-8366.
14. **IUVA Fact Sheet on UV Disinfection for Covid-19,** <http://www.iuva.org/IUVA-Fact-Sheet-on-UV-Disinfection-for-COVID-19>.
15. **TS EN 81-70 Kasım 2018:** Engelliler Dâhil Yolcu Asansörleri İçin Erişilebilirlik, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
16. **TS EN 115-1 Aralık 2017:** Yürüyen merdiven ve yürüyen bantlar için güvenlik - Bölüm 1 Yapım ve montaj, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
17. **TS EN ISO 15858 Aralık 2016:** UV-C Cihazları - Güvenlik bilgisi - İzin İnsan Maruziyet, Yapım ve Montaj, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
18. <https://www.prnewswire.com/news-releases/otis-releases-elevator-airflow-study-findings-covid-19-exposure-on-elevator-ride-is-low-risk-with-simple-mitigation-301216381.html> (Erişim tarihi: 29/01/2021).
19. **Storm N., McKay L., Downs S., Johnson R., Birru D., Samber M., Willaert W., Cennini G., Griths A.,** Rapid and complete inactivation of SARS-CoV-2 by ultraviolet-C irradiation, doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-65742/v2>