



Fotometrik Flicker Olayının İnsana Etkileri ve Bunların Tıbbi Olmayan Tespit Yöntemleri

*¹Cenk Yavuz, ²Ceyda Aksoy Tırmıkçı

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye,
cyavuz@sakarya.edu.tr, 

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye,
caksoy@sakarya.edu.tr, 

Derleme Makale

Geliş Tarihi: 29.11.2020

Kabul Tarihi: 01.01.2021

Öz

Fotometrik Flicker olayı diğer bir deyişle Geçici Işık Modülasyonu hem insanoğlu tarafından görsel olarak fark edilir hem de fark edilmez seviyelerde gerçekleşmektedir. Buna rağmen insan beyni ve vücudu bu olayın direk ya da tetikleyici etkileri sonucunda bazı rahatsızlıklarla karşılaşmakta ya da mevcut rahatsızlıkları artmaktadır. Fotometrik Flicker olayı geniş bir frekans bandında gerçekleşmektedir. Özellikle düşük frekanslarda hastalığa bağlı olarak nöbet geçirme, hastalığın ilerlemesi ya da baş ağrısı, görme bozukluğu gibi direk olarak insan biyolojisinin olumsuz etkilenmesi söz konusu olabilir. Fotometrik Flicker olayı ile en fazla ilişkisi bulunan rahatsızlıklar epilepsi, migren ve vertigo olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca literatürde sebepsiz baş ağrısı, iş görmede performans düşüklüğü, algı kayıp ve yanılmaları sıklıkla rapor edilmiştir. Aydınlatma tasarımı yapılırken düşük ve yüksek risk grupları hem kullanıcılar hem de ışık kaynakları açısından belirlenmeli ve projelendirmeler bu bağlamda yapılmalıdır. Kişilerin Flicker olayından etkilenme düzeylerini belirleyebilmek adına tıbbi ve/veya laboratuvar araştırması gerektirmeyen çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu çalışmada Fotometrik Flicker olayının biyolojik etkileri irdelenirken hem bu etkileri ve düzeylerini kolayca belirleyecek yöntemler hem de kullanıcıların olumsuz etkilenmemesi için neler yapılması gerektiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fotometrik Flicker, İç aydınlatma, Işığa bağlı rahatsızlıklar, Işığa maruziyet.

The Effects of Photometric Flicker on Human and Their Non-Medical Detection Methods

*¹Cenk Yavuz, ²Ceyda Aksoy Tırmıkçı

¹Sakarya University, Eng. Faculty, Elec.&Electronics Eng. Dept., Sakarya, Turkey,
cyavuz@sakarya.edu.tr

²Sakarya University, Eng. Faculty, Elec.&Electronics Eng. Dept., Sakarya, Turkey,
caksoy@sakarya.edu.tr

Abstract

Photometric Flicker event, in other words, Temporal Light Modulation occurs at both visually noticeable and unnoticeable levels by human beings. In spite of this, the human brain and body experience some discomfort as a result of the direct or triggering effects of this event or the existing ailments increase. Photometric Flicker event occurs in a wide frequency band. Especially at low frequencies, due to the disease, seizure, disease progression, or headache, visual impairment may directly affect human biology negatively. The diseases most associated with the photometric Flicker event emerged as epilepsy, migraine and vertigo. In addition, unreasonable headache, poor performance in work, loss and errors of perception are frequently reported in the literature. When making lighting design, low and high risk groups should be determined in terms of both users and light sources, and projects should be made in this context. Various methods that do not require medical and / or laboratory research can be used to determine the level of exposure to the Flicker event. In this study, while examining the biological effects of Photometric Flicker, both the methods to easily determine these effects and their levels and what should be done to prevent the users from being adversely affected have been revealed.

*¹ Sorumlu Yazar: Sakarya University, Eng. Faculty, Elec.&Electronics Eng. Dept., Sakarya, Turkey, cyavuz@sakarya.edu.tr

Doi: 10.21541/apjes.833114

Keywords: Photometric Flicker, Indoor Lighting, Light related disorders, Light exposure

1. GİRİŞ

Yapay aydınlatma kaynaklı Geçici Işık Modülasyonu yaklaşık olarak 200 Hz altında kalan değerleri için Fotometrik Flicker olarak adlandırılmaktadır. 70 Hz seviyesine kadar gerçekleşen modülasyonlar genellikle görünür Flicker, 70-200 Hz arasında gerçekleşen modülasyonlar ise görünmez Flicker olarak adlandırılmaktadır.

Görünür ve görünmez terimleri doğrudan insan gözünün algılamasıyla ilişkili kavramlardır. Flicker olayının muhtemel biyolojik ve sağlık bozucu etkileri birkaç saniyelik maruziyetten uzun süreli maruziyete değişiklik göstermektedir. Kısa süreli maruziyet görünür, uzun süreli maruziyet ise görünmez Flicker kaynaklı olarak ifade edilmektedir. İnsanın farklı maruziyetlere verdiği biyolojik tepkiler Flicker olayına sebep olan ışık kaynağının etki düzeyine – parlaklık, spektrum, boyut, kontrast – bağlı bir fonksiyon olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada Fotometrik Flicker olayının insana biyolojik ve psikolojik olmak üzere etkileri, bu etkileri tıbbi yollara başvurmadan belirleme yöntemleri araştırılmış ve etkileri en aza indirmek için yapılabilecekler tartışılmıştır.

2. FOTOMETRİK FLICKER OLAYININ İNSANA EN BELİRGİN ETKİLERİ

Fotometrik Flicker olayının insan biyolojisi ve sağlığı üzerine etkilerinin araştırılması özellikle 2000’li yıllarda elektronik sürücü devreli flüoresan ve LED ışık kaynaklı armatürlerin kullanımının sıklaşmasıyla artmıştır.

Bu bölümde direk olarak Fotometrik Flicker ile ilişkilendirilmiş rahatsızlıklar ele alınmıştır.

2.1. Görünür Flicker olayına ilişkin etkiler

- Işığa Duyarlı Epilepsi

Bu rahatsızlığa sahip kişi sayısı epilepsi hastalarının da küçük bir kısmını oluşturmaktadır, ancak epilepsilerinin ışık kaynaklı olduğunun tespiti çok zor olmakla beraber bu tespit yapıldıkça kadar ciddi risk altındadırlar. Epilepsi hastalarının nöbet geçirmesinin sebebinin beyin hücre aktivitelerinin anormal şekilde senkronlanması olduğu bilinmektedir. Bu anormal senkronizasyon algıyı, vücut hareketlerini ve duygusal zekayı etkileyebilmektedir.

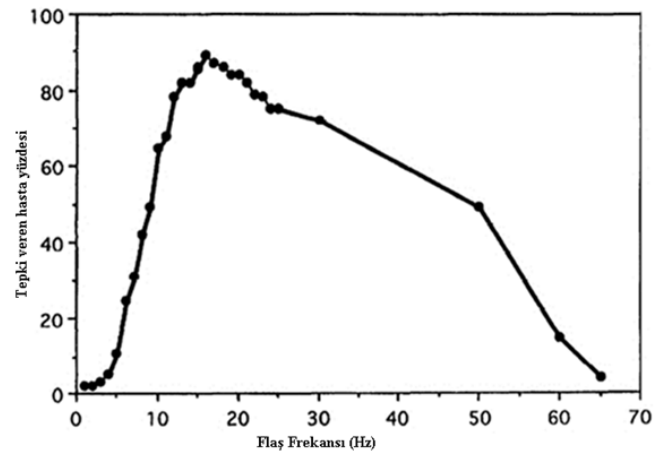
Işığa duyarlı epilepsi de özellikle gelişme çağında, yaklaşık 7-20 yaş aralığında ortaya çıkmaktadır. 2000’li yıllarda bu rahatsızlığın görülme oranı artmış olup, hastalarının %75’nin ömür boyu iyileşemediği bilinmektedir [1,2]. Bu rahatsızlığı tetikleyen ve nöbetlere sebep olan olaylar literatürde şu şekilde sıralanmıştır.

- Flaş frekansı
- Parlaklık
- Kontrast
- Görüş açısı ve alanı
- Işık dalga boyu
- Gözün açık veya kapalı olması

Verilen olaylar irdelendiğinde özellikle 15-20 Hz frekanslı flaşlar yani gözle net görülebilir kırpışma - Flicker olaylarının ciddi nöbetlere sebep olduğu görülmektedir [3]. İnsan gözünün gece ya da alacakaranlık yaptığı severlerde, 1 cd/m² ve altı olarak ifade edilebilir, risk azken gündüz görmesi şartlarına geçiş ve yüksek aydınlık düzeyli ortamlarda nöbet geçirme riski artmaktadır.

Benzer şekilde aydınlatılmış düzlemin arka alanındaki aydınlatma ile kontrastı %10’unun üzerine çıktığında nöbet riski başlamaktadır. Ya da aydınlatılmış alanın retinaya düşen görüntüsü algılanan görsel sahnenin tam ortasındaysa kişiye derinlik algısı noktasında sorun çıkarmakta ve hasta nöbet geçirebilmektedir. Işığın renk spektrumu da benzer etkilere sebep olmakta, 760 nm civarındaki kırmızı renkli Flicker ile mavi renk tonlarındaki Flickerler tetikleyici etki göstermektedirler.

Göz kapalıyken bile aydınlık ortamda ve yüksek parlaklık seviyesinde gerçekleşen Flickerlar yine de retinayı uyarabildikleri için hastaların yüksek parlaklığa sahip Flickerden uzak tutulmaları istenir. Şekil 1 Wilkins ve arkadaşlarının [4] görünür Flicker üreten bir ışık kaynağına 170 hastanın verdiği epileptik tepkileri gözlemlediği çalışmadan alınmıştır. Görüldüğü üzere 10-30 Hz aralığında ışığa duyarlı epilepsi hastalarının vücutlarının ciddi bir elektriksel tepkisi kaydedilmiştir.



Şekil 1. Flaş frekansına tepki veren epilepsi hastalarına ilişkin grafik

- Flicker vertigosu

Vertigo baş dönmesine ilişkin bir rahatsızlık olmasıyla beraber fotometrik Flicker olayıyla ilişkisini ortaya koymuş çalışmalar mevcuttur. Özellikle 4-20 Hz aralığında ortaya çıkan mide bulantısı hissi ve yönelim kaybı olayları direk olarak görünür Flicker ile ilişkilendirilebilmiştir [5,6].

2.2. Görünmez Flicker olayına ilişkin biyolojik etkiler

Yapılan araştırmalarda flüoresan lambalı armatürlerin elektromanyetik (konvansiyonel tip) balastlarla kullanıldığı ortamlarda bulunan ışığa duyarlı epilepsi hastalarının görünür bir fotometrik Flicker olmasa dahi beyin aktivitelerinin anormalleştiği tespit edilmiştir, bu tip olaylarda görünmez Flicker frekansının 120 Hz civarında olduğu tespit edilmiştir. Herhangi bir arıza ya da malzeme yaşlanması durumunda ise 70 Hz seviyelerinde gerçekleşen görünmez Flicker'in ise etkilerinin daha fazla olduğu raporlanmıştır [7].

100 Hz Flicker seviyelerinde olan flüoresan lambalı çalışma ortamlarında ofis çalışanlarda baş ağrısı olgusunun geliştiği de tespit edilmiştir [8]. Kişilerin fotometrik Flicker'in biyolojik etkilerini sergilemek için hasta olmalarına gerek olmadığı ve ışık kaynağının değil Flicker frekans ve indeksinin etkili olduğu çeşitli çalışmalar da mevcuttur [9,10].

Aşağıda görünmez fotometrik Flicker etkisiyle ortaya çıkan biyolojik etkiler sıralanmıştır.

- Migren

Migren birçok farklı biyolojik rahatsızlığın tetikleyebildiği ve dünya genelinde görülme oranı %11 seviyelerinde olan bir rahatsızlıktır [11].

Görünür Flicker'in migrene sebep olduğuna dair birçok çalışma mevcut olsa da migren ağrılarında sebep olan hastaların büyük çoğunluğu ışığa duyarlı epilepsi hastasıdır ve görünmez Flicker ile migren ilişkisi son derece az çalışmada irdelenmiştir. Ancak 60 Hz üzeri görünmez Flicker'in etkilerinin sebep olduğu kullanıcının nedenini belirleyemediği sebepsiz baş ağrısının migren hastalarında daha şiddetli olması bu fenomeni migren hastalarının sakınması gereken bir olay haline sokmaktadır.

- Algı kaybı ve performans düşüklüğü

Özellikle ofis çalışanlara dönük olarak yapılan birçok çalışmada görünmez Flicker frekanslarında ofis çalışanlarının görsel algılarının zayıfladığı [12], kendilerine verilen görevlerde başarı oranlarının düştüğü [10], gözlerde batma ve lekelene gibi sorunların ortaya çıkması kaynaklı odaklanma sorunları yaşadıkları [8,13] rapor edilmiştir.

Anlaşıldığı üzere görünmez Flicker odaklanma ve görsel algıda azalma gibi sorunlara sebebiyet vermektedir.

- Diğer

Literatür detaylı incelendiğinde kalp atış hızının artması, yetersiz hissetme, okuma hızında düşüş, panik atağın tetiklenmesi gibi etkiler de görülmekle beraber bu etkilerin klinik ve deneysel olarak araştırmalarının daha derinleştirilmesine ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır.

3. FOTOMETRİK FLICKER ETKİLERİNİ TESPİT ETMEK İÇİN KULLANILAN TIBBİ OLMAYAN YÖNTEMLER

Fotometrik Flicker'in etkileri araştırılırken farklı bilim alanlarında tercih edilen testler ve/veya ölçme nitelikli görevlerden faydalanılmıştır. Fotometrik Flickerli ve Flickersiz hacimlerde bilişsel veya fiziksel performansların ölçülmesiyle negatif etkilerin belirlenmesine gayret edilmiştir. Bu hedeflerle literatürde en sık kullanılan ve tıbbi nitelik taşımayan yöntemlerin başta gelenleri aşağıda paylaşılmıştır. Çoğunlukla görünmez Flicker etkisi ön plana çıksa da bu testler sonucunda görünür Flicker etkilerine benzer etkilerin de rapor edildiği bilinmektedir [14].

3.1. Stroop testi / görevi

1935'te J. R. Stroop'un ortaya koyduğu [15] üç parçalı bilişsel kontrol testidir. İlk parçada test katılımcılarına renk isimleri gösterilir ve mümkün olan en hızlı şekilde bunları okumaları istenir. İkinci parça renkli mürekkeple (bir ekranda uygulanıyorsa renkli görsellerle) basılı nokta kümelerinin sahip olduğu renklerin mümkün olan en hızlı şekilde söylenmesi istenir. Üçüncü parçada ise gösterilen rengin kendi adından farklı bir renkte mürekkeple yazılmış sözcüklerin mümkün olan en hızlı şekilde okunması istenir.

Örneğin 'yeşil' sözcüğü mor veya turuncu mürekkeple yazılmıştır. Bu deneylerin "Stroop etkisi" olarak adlandırılan etkileyici sonucu, deneye katılanların, değişik renkte mürekkeple yazılan renklerin adlarını (örneğin mor renkle yazılmış 'sarı' sözcüğünü) okumakta fazlasıyla zorlandıkları, doğru okuma yapmak için fazlaca süre harcadıkları, ötesinde yazılı olan sözcüğü değil, mürekkebin rengini söyledikleridir. Doğru okuma 'sarı' olacakken, denegin 'kırmızı' olarak okuma yapması gibi.

Stroop testi asıl olarak beyin hasarı kaynaklı işlevsel bozuklukların değerlendirilmesi için kullanılan bir nöropsikolojik ön beyin testidir. Stroop testi ile ilgili diğer bilim adamlarının genel kanısı ise bozucu etkiyi ölçtüğüdür. Sözü edilen bozucu etki renk-sözcük bozucu etkisidir. Renk-sözcük bozucu etkisi sözcüğün yazıldığı renk ile sözcüğün ifade ettiği rengin aynı olmaması durumunda ortaya çıkar. Bozucu etki renk ve sözcüğün aynı olduğu durumda sözcüğün söylenmesi gereken süreden daha uzun bir sürede söylenmesi ile görülür.

Fotometrik Flicker başlı başına algıyı zorlaştıran ve psikolojik olarak insanları etkileyen bir fenomen olduğu için, tıpkı beyin hasarlı kişiler gibi herhangi bir beyin hasarı olmayan kişilerde de sebep olduğu bozucu etki önemli bulgular sağlar. Stroop testini sağlıklı ve/veya beyin hasarı olan deneklerde önce Flickersiz yapay aydınlatma altında

veya gün ışığı altında uyguladıktan sonra Flicker düzeyi yüksek bir yapay aydınlatma şartında tekrarlamak tavsiye edilir. Cevap verme sürelerinin artması ve bağlı doğruluk yüzdelerindeki azalma uygulanan aydınlatmanın denekleri bilişsel yönden kötü etkilediğinin ispatı olacaktır. Önceki bölümde sayılan rahatsızlıkların ise teste paralel olarak etkilerinin artması beklenmektedir.

SARI MAVİ TURUNCU
SİYAH KIRMIZI YEŞİL
MOR SARI KIRMIZI
TURUNCU YEŞİL SİYAH
MAVİ KIRMIZI MOR
YEŞİL MAVİ TURUNCU

Şekil 2. Örnek bir Stroop testi görseli

3.2. Burdon testi

Burdon testi genel tanımıyla çocukların ve gençlerin dikkat ve algı seviyelerini ölçmek için kullanılan, karıştırılmış harf ve görsel yerleşimler içinde “özel” bir harf veya şeklin hepsinin hatasız olarak tespit edilmesini isteyen bir testtir [10]. Bu test yetişkinlerin algı düzeylerini ölçmek için de kullanılmıştır. Burdon testinin maksimum süresi 2 dakikadır ve bu süre içinde aşağıda açıklananları yapmaları istenir.

Teste katılanlara bir sayfa kağıt üzerinde gelişi güzel yerleştirilmiş harfler verilir. Harfler düzgün ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Her sayfa 407 harf ve toplam 20 satır içerir. Sayfadaki her harfin kaç adet olduğu önceden bilinir. Örneğin 1 sayfada 150 adet “g”, 75 adet “a” 50 adet “d” ve 25 adet “b” harfi bulunur. Katılımcılara şöyle bir talimat verilir:

“Size verilen sayfada bulunan tüm a, b, d ve g harflerinin altlarını kurşun kaleminizle çizin. Her satırı gözden geçirirken sadece bir harfi işaretleyemezsiniz, dört harfi de her gördüğünüz anda sırasız olarak işaretlemeniz gerekmektedir. Satırdaki tüm a, b, d, g harflerinin altını çizin.”

Bu teste katılanların Stroop testi uygulamasındaki gibi Flickersız yapay aydınlatma altında veya gün ışığında testi yapmalarından sonra Flicker düzeyi yüksek bir yapay aydınlatma altında testi tekrarlaması tavsiye edilir.

Burdon testi sonucunda saptanan görme bozuklukları, algı kaybı, migren tetiklenmesi, yaşa göre artan konsantrasyon bozuklukları gibi etkilerin olduğuna dair literatürde kaynaklar mevcuttur [14,16]

BURDON DİKKAT TESTİ

Yaş :
 Cinsiyet :
 Test Odası :

a e p z n z s u a h v k l a s i b f o u o e
 r v b p m l b i r b s m n t d a u f e r k a
 e k d h s e y p h b k s d g y z d v r l f g
 y d a e o y e r z h e z s e g m k f z d n y
 f s v y l b t d h m i n l e m t g t e d f u
 k e d e k o k o s t l u z u g m a f l v u t
 l z i f o u d v h y p n b p m v h n n g r y
 p v r i n t y o r z n e p h t e m z l o l m
 r a k y g s o l v a l n a r e h o d b f p h
 k u i s y g u e m k i l e g v g r i p e t e

e i t e l r n z f u d b m s h d k u r d s m
 s i v e t e p l i n g v g e t i r n e u g y s
 b o k e h b u k r g f u d o h o r a n i a v
 l o a g y l a r o l f b z m e l h p z n z r
 o g k h a m v g l m g v n h v m p b n p y
 v d u o f r h i y u v l u a m f a e u l t s
 o k o k e l e k t f e b t g t m e l n i z h
 d t d i y a s e u n d z f k m g e s z e h z
 r e n o e v d y g f l r v d z y g d z p b e
 p y e a a s e g e a h t n m p r r i b i k p

a r n p v d m t o y m l i g d e o t o e n t
 l u p z n k r h p u e y o y g u d v y a o l
 s z o a p f f t e v k l r b p m m e r g e s
 b a h v l h s e k z r f b r a e g y n m h y
 t d a v e g z y f m p t r o y e u u b b y h
 l u a n y a d u m f a p y e b k d b o l z
 e l z h e a d z t e l p r y f m s n v l e v
 s b l v m z g p s m r k b k r e h e u v m s
 f i s i e l o l g i k t h z o k t d e a r h
 s m l u e f t l m s g k n k n p h r h g u l

Çözülmemiş :
 Yanlış çözülmüş :
 Zaman: 2 dk süreniz vardır

Şekil 3. Örnek bir Burdon testi görseli [16]

3.3. Wilkins okuma oranı testi

Wilkins ve arkadaşları bu testi ilk kez 1996 yılında ortaya koymuşlardır [17]. Testin her satırında 15 sözcük vardır ve 10 satır boyunca okuma performansı ölçümü gerçekleştirilmektedir.

Bu teste katılanların her satırda bulunan 15 sözcüğü sesli olarak okumak için 1'er dakika süresi vardır. Satırlardaki sözcükler farklı renklere yazılabilir ve özellikle telaffuzu zor sözcükler seçilir.

Flickersız ve Flickerlı yapay aydınlatma altında Wilkins testinin uygulanmasıyla katılımcıların performansları karşılaştırılır. Diğer testlerde olduğu gibi düşen performans

ve başarı oranları Flicker olayının negatif etkilerini ortaya çıkartır.

come see the play look up is cat not my and dog for you to
the cat up dog and is play come you see for not to look my
you for the and not see my play come is look dog cat to up
dog to you and play cat up is my not come for the look see
play come see cat not look dog is my up the for to and you
to not cat for look is my and up come play you see the dog
my play see to for you is the look up cat not dog come and
look to for my come play the dog see you not cat up and is
up come look for the not dog cat you to see is and my play
is you dog for not cat my look come and up to play see the

see the look dog and not is you come up to my for cat play
not up play my is dog you come look for see and to the cat
look up come and is my cat not dog you see for to play the
my you is look the dog play see not come and to cat for up
for the to and you cat is look up my not dog play see come
you look see and play to the is cat not come for my up dog
come not to play look the and dog see is cat up you for my
and is for dog come see the cat up look you play my not to
dog you cat to and play for not come up the see look my is
the come to up cat my see dog you not look is play and for

Şekil 4. Orijinal Wilkins okuma testi görseli [17]

3.4. Çalışan Anketi

Fotometrik Flicker düzeyi yüksek aydınlatma altında çalışanlar test doğrultusunda en az 3 saat boyunca aynı ışık renginde fakat Flicker oluşturmayan yapay aydınlatma şartlarında günlük işlerini tekrar ederler. Bu işlemin tersi de mümkündür.

Atanan süre zarfında çalışanlar kendi çalışma alanlarında yapmaları gereken günlük işlerini yaparken herhangi bir ekstra test ya da göreve tabi tutulmazlar. Geçirdikleri süre sonunda yaşadıkları tecrübeye ilişkin hazırlanmış anketi cevaplarlar. Elde edilen sonuçlar değerlendirilir ve Fotometrik Flicker etkisi araştırılır.

Flickersiz ve Flickerlı yapay aydınlatma altında Çalışan (memnuniyet) anketinin uygulanmasıyla katılımcıların performansları karşılaştırılır. Diğer testlerde olduğu gibi performansın değişimi, konsantrasyon durumları, hatasız iş tamamlama ve hacimde bulunmanın yol açtığı duygu-durum değişimleriyle Flicker olayının negatif etkileri detaylı olarak saptanabilir.

4. SONUÇ

Görünür ve görünmez fotometrik Flicker gaz deşarj lambalarından yeni nesil LED ışık kaynaklarına kadar birlikte yaşadığımız fenomenlerdir. Konvansiyonel tip balast kullanan flüoresan lambalı armatürlerde düşük frekanslı görünür Flicker daha çok görülse de kalitesiz devre bileşenlerinden üretilen elektronik balast ve LED sürücülerin

de görünür Flicker'a sebep olduğu bilinmektedir. Görünmez Flicker ise yüksek frekans seviyelerinde gerçekleşmekle birlikte çoğunlukla LED ışık kaynaklarında ortaya çıkmakta sebepsiz baş ağrısı, performans düşüklüğü, halsizlik ve keyifsizlik gibi biyolojik-zihinsel sonuçlara sebep olmaktadır.

Fotometrik Flicker etkisi araştırılırken verilen 4 yöntem kullanılarak hem uygulama kolaylığı hem de diğer bilim dalları tarafından kabul görececek çalışmalar yapılabilir. Herhangi bir aydınlatma kontrolünün söz konusu olmadığı, aydınlatmanın gün boyu sabit şekilde çalıştığı ortamlarda özellikle Burdon testi ve Çalışan Anketi kolayca gerçekleştirilebilecek testlerdir. Stroop Testi ve Wilkins Okuma Oranı Testi nispeten daha fazla vakit alan ve özel hazırlık gerektiren testler olmalarına karşın istatistiksel ve bilişsel anlamda en doğru sonuçları veren testler olarak ön plana çıkmaktadır.

Anlatılanlar ışığında Fotometrik Flicker etkisi araştırılmak isteniyorsa, üzerinde çalışma yapılacak olan katılımcı grubun iş yoğunluğu ya da serbest zamanlarına göre bir testin seçilmesi gerektiği ve bu testleri uygularken ofis çalışanlarının ekstra bir başarılı ya da başarısız olma güdüsü içinde olmaları büyük önem teşkil etmektedir. O yüzden bu tip çalışmalar planlanırken sadece Aydınlatma Mühendislerinin değil Psikoloji alanında yetkin kişilerin de süreçlere dahil olması, çalışmaların doğru sonuca ulaşma olasılığını yükseltecektir.

Bu çalışmada irdelenenler ışığında görünür ve görünmez Flicker'ı engelleyerek bunların insan üzerine zararlı etkilerini minimize etmek adına için aşağıda verilen eylemlerin yapılması fayda sağlayacaktır:

- Şebeke frekansından birkaç kat yüksek frekansta çalışan balast ve/veya LED sürücü kullanmak
- Güç faktörü düzeltme özelliğine sahip LED sürücü kullanarak akım harmoniklerini dolayısıyla Flicker bozunumunu düşürmek
- Işık kaynakların görüş alanlarında ya da bakış doğrultularında olmasını engellemek
- Armatürdeki lambaların insan gözü ile direk ilişkisini kesmek
- Özellikle ofis alanlarında tercihen sıva altı armatür kullanmak
- Aydınlatılacak hacimde düzgünlüğü yüksek seviyede tutarak kontrast farklarını engellemek
- Aydınlatılacak hacimde gölge oluşturacak unsurları minimize etmek.

KAYNAKÇA

- [1].S.M. Halpin, "Limits for Interharmonics in the 1–100-Hz Range Based on Lamp Flicker Considerations," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 22, pp. 270–276, Jan. 2007.
- [2].J. E. Evans, I. C. Cuthill, and A. T. D. Bennett, "The effect of Flicker from fluorescent lights on mate choice in

- captive birds,” *Animal Behaviour*, vol. 72, no. 2, pp. 393–400, 2006.
- [3]. G. F. A. Harding, and P. Jeavons, *Photosensitive Epilepsy*. London: Mac Keith Press, 1994.
- [4]. A. Wilkins, J. Veitch, and B. Lehman, “LED lighting Flicker and potential health concerns: IEEE standard PAR1789 update,” *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Atlanta, GA, pp. 171-178, 2010.
- [5]. C. E. Rash, “Awareness of causes and symptoms of Flicker vertigo can limit ill effects,” *Human Factors & Aviation Medicine*, vol. 51, p. 1–6, 2004.
- [6]. M. G. Masi, L. Peretto, L. Rovait, and R. R. Ansari, “An attempt to understand Flicker vertigo: changes in pupil size and choroidal blood flow under Flickering conditions,” *Proceedings of SPIE 7550, Ophthalmic Technologies XX*, pp. 75502G–75502G-7, 2010.
- [7]. C. D. Binnie, R. A. de Korte, and T. Wisman, “Fluorescent lighting and epilepsy,” *Epilepsia*, vol. 20, pp. 725–727, 1979.
- [8]. A. J. Wilkins, I. Nimmo-Smith, A. I. Slater, and L. Bedocs, “Fluorescent lighting, headaches, and eyestrain,” *Lighting Research and Technology*, vol. 21, p. 11, 1989.
- [9]. S. Shady, D. I. A. MacLeod, and H. S. Fisher, “Adaptation from invisible Flicker,” *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, vol. 101, pp. 5170–5173, 2004.
- [10]. C. Yavuz, C. A. Tırmıkçı, B. Ç. Yavuz, “Research into the Effect Of Photometric Flicker Event On The Perception Of Office Workers”.. *Light Eng.* 27(5), 22-27, 2019.
- [11]. L. Stovner, K. Hagen, R. Jensen, Z. Katsarava, R. Lipton, A. Scher, T. Steiner, and J.-A. Zwart, “The global burden of headache: a documentation of headache prevalence and disability worldwide,” *Cephalalgia*, vol. 27, pp. 193–210, Mar. 2007.
- [12]. J. A. Veitch, and S. L. McColl, “Modulation of fluorescent light: Flicker rate and light source effects on visual performance and visual comfort,” *Lighting Research and Technology*, vol. 27, p. 243, 1995.
- [13]. A. Wilkins, “Intermittent illumination from visual display units and fluorescent lighting affects movements of the eyes across text,” *Human Factors*, vol. 28, pp. 75–81, Feb. 1986.
- [14]. IEEE Power Electronics Society. IEEE S1789-2015. *IEEE recommended practices for modulating current in high-brightness LEDs for mitigating health risks to viewers*. New York, NY: Institute for Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) , 2015.
- [15]. J. R. STROOP, Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662, 1935.
- [16]. C. Yavuz, Flicker Olayının Farklı Yaş Gruplarındaki Ofis Çalışanlarının Algı Düzeyine Etkisi, 10. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, Ekim 2019
- [17]. A.J. Wilkins, R.J. Jeanes, P. D. Pumfrey, M. Laskier, “Rate of reading test: Its reliability, and its validity in the assessment of the effects of coloured overlays.” *Ophthalmic and Physiological Optics*, 16, 491-497, 1986.