

Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Kullanıcı Memnuniyeti Üzerindeki Etkisine Eleştirel Bir Bakış

Arzu Cılasun Kunduracı^{1*}, Tuğçe Kazanasmaz²

¹Yaşar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, arzu.cilasun@yasar.edu.tr

²İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, tugcekazanasmaz@iyte.edu.tr

*İletişimden sorumlu yazar / Corresponding author

Geliş / Received: 30 Haziran (June) 2016

Kabul / Accepted: 9 Ekim (October) 2016

DOI: 10.18466/cbayarfb.280727

Özet

Otomatik aydınlatma kontrol sistemleri, yapay aydınlatma tüketimini düşürme amacı ile günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Farklı çeşitleri ile kullanımı giderek yaygınlaşan otomatik aydınlatma kontrol sistemleri, teknolojinin ve bina enerji yönetim sistemlerinin gelişmesi ile enerji tasarrufunu kullanıcı memnuniyetinden ödün vermeden sağlamayı hedeflemektedir. Bu teknolojik uygulamaların enerji açısından verimliliği pek çok araştırma ile ortaya çıkarılmış, alan çalışmalarıyla elde edilen verilerle ve örneklerle açıklanmıştır. Ancak, söz konusu sistemlerin enerji tüketimine sağladığı katkının dışında kullanıcı memnuniyeti ile kurduğu ilişki üzerinde az durulmuş bir konudur. Halbuki yapılar, kullanıcıları için tasarlanıp uygulanır. Bu sebeple, öncelikli hedeflerden biri kullanıcı memnuniyetini sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda, literatürdeki aydınlatma kontrol sistemlerini inceleyen çalışmaların kullanıcı memnuniyeti açısından yaptığı değerlendirmeler ve söz konusu sistemlerin kullanıcı ile kurduğu ilişkiler incelenecektir. Bu incelemede, çeşitli aydınlatma kontrol sistemi türleri (varlık, günışığı ve zaman ayarlı kontrol sistemleri) ele alınıp, kullanıcı memnuniyeti açısından literatürde yer alan çalışmalar üzerinden tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler—Kullanıcı memnuniyeti, otomatik aydınlatma kontrol sistemleri, enerji tasarrufu, literatür taraması, aydınlatma

A Critical Approach to Lighting Control Systems in Terms of User Satisfaction

Abstract

Lighting control systems are commonly being used to reduce lighting energy consumption. With the improvements on technology, there are number of types of lighting control systems are available on the market. The main aim of the lighting control systems is to save energy without compromising user satisfaction. A variety of research concluded their energy saving potentials with both monitoring and simulations methods. Besides their energy saving potential, the relation between lighting control systems and user satisfaction was rarely mentioned in those studies. We design buildings for the occupants, therefore satisfying them is the priority. Therefore within this study, the existing literature on lighting control systems (namely; occupancy, daylight and working hours) were discussed in terms of user satisfaction.

Keywords—User Satisfaction, Automatic Lighting Control Systems, Energy Savings, Literature review, Lighting

1 Giriş

Binalar, yapım, bakım ve yıkımları sırasında enerjiye gereksinim duyar. Enerji tüketiminin bu süreçlerdekinden daha fazla miktarda tüketildiği zaman ise yapının kullanımı sırasında ve de enerji

kullanıcının ihtiyaç ve aktivitelerinin devamlılığını sağlamak için tüketilir [1]. Bu yoğun tüketim sebebiyle binalarda harcanan enerji toplam enerji tüketiminin %40'ını oluşturur [2].

Enerji tüketimini azaltma çalışmaları, yapı içindeki farklı alt konular altında incelenmektedir. Örneğin 19. yy 'da yapay aydınlatmanın hayatımıza girmesiyle birlikte yapılarda aydınlatma için harcanan enerji tüketimi, yapı türüne göre farklılık göstermesine rağmen, yaklaşık %25'lik pay ile önemli bir yer tutmaktadır [1]. Bu sebeple, aydınlatma amaçlı tüketilen enerjinin azaltılması için günışığından daha fazla faydalanma, enerji etkin ürün/lamba kullanımı ve otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin sıklıkla kullanıldığını görmekteyiz. Bu çalışma kapsamında günümüzde hem çeşit hem de uygulandığı proje sayısı ile giderek artan otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin kullanıcı memnuniyeti üzerindeki etkisi incelenecektir.

2 Aydınlatma Kontrol Sistemleri

Bina otomasyon ve enerji yönetim sistemlerinin varlığından önce, aydınlatma sistemleri yalnızca manuel (elle) olarak kontrol edilebiliyordu. Gün geçtikçe gelişen ve yaygınlaşan teknoloji ile birlikte, enerji tüketimini azaltmayı ve kullanıcı memnuniyetini arttırmayı hedefleyen bir yöntem olan otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin kullanımına başlandı. Günümüzde yaygın olarak kullanılan otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin başında hareket/kullanıcı algılayıcı sistemler, günışığına duyarlı sistemler ve zaman ayarlı kontrol

sistemleri bulunmaktadır. [3], [4]. Bu ismi verilenlere ek olarak ağ tabanlı, ışık sensörlü ve loşlaştırılmalı kontrol sistemleri gibi farklı çeşitleri de bulunmaktadır.

En sıklıkla görülen hareket/varlık algılayıcı sistemler, kullanıcı varlığını algılayarak kullanımın olmadığı durumlarda yapay aydınlatmanın kapanmasını hedeflemektedir. Günışığına duyarlı sistemlerde ise, hacme giren günışığı miktarı algılanarak yapay aydınlatma elemanlarının kısmen ya da tamamen loşlaştırılması sağlanır. Zaman ayarlı kontrol sistemlerinde ise hacmin çalışma saatleri göz önünde bulundurularak, çalışma saatleri boyunca sabit aydınlık düzeyi sağlanır, diğer saatlerde aydınlatma elemanlarının kapatılması öngörülür [5].

Bahsi geçen tüm kontrol sistemleri aydınlatma amaçlı harcanan enerji tüketimini düşürürken görsel konforu sağlamayı hedefler; fakat var olan çeşitler arasından en uygununu tercih etmek zorlu bir karar olabilir. Mühendis, mimar ve aydınlatma tasarımcılarının sorumluluğu, mevcut farklı kontrol sistemleri arasında en doğrusunu tercih edip, onu en uygun şekilde projede uygulamaktır. Karar verilir uygulama yapılmadan önce seçilen kontrol sistemine ilişkin maliyet analizi yapılmalıdır. İlk yatırım ve bakım maliyetlerine ilişkin bilgilere kolayca ulaşmak mümkün iken, kontrol sistemlerinin verimlilik performansını değerlendirmek o denli kolay değildir. Çünkü sistemlerin performansı, uygulanacakları arazi, günışığı düzeyleri, hacim, çalışma saatleri ve kullanıcılara göre önemli farklılıklar gösterebilir[6].

Çizelge 1. Literatürden seçilen aydınlatma kontrol sistemleri üzerine çalışmalar ve kapsam

	Elle kontrol	Günüşiği	Sabit aydınlık düzeyi	Varlık sensörü	Zaman ayarlı	Loşlaştırma	Sensörler	Kullanıcı memnuniyeti	Enerji tasarrufu
Yavuz ve ark. (2012) [7]		√							
Chiogna ve ark. (2011) [8]	√	√		√		√			√
Guo ve ark. (2010) [9]	√	√		√		√	√	√	√
Galasiu ve ark. (2007) [10]	√	√		√		√	√		√
Onaygıl, S., & Güler, Ö. (2003)[11]	√	√							√
Gentile ve ark. (2016) [12]	√	√		√			√	√	√
Parys ve ark. (2009) [13]	√	√						√	√
Rossi ve ark. (2015) [14]	√	√		√			√		√
Moore ve ark. (2002) [15]	√								√
Soori, P. K., & Vishwas, M. (2013) [16]		√				√	√		√
Bourgeois ve ark. (2005) [17]	√		√				√		√
Newsham ve ark. (2008) [18]		√	√			√	√		√
Jennings ve ark. (2000) [19]	√	√		√		√	√		√
Jennings ve ark. (2002) [20]				√	√		√		√
Görgülü, S., & Ekren, N. (2013) [21]		√				√			√
Galasiu ve ark. (2004) [22]		√				√			√
Williams ve ark. (2011) [23]		√	√	√		√	√		√

Çizelge 1’de de görüldüğü üzere, aydınlatma kontrol sistemlerinin verimliliği konusunda hazırlanmış pek çok çalışma bulunur [7,20,10,19,24,17,16,15,14,12,11,9,8,13,21,23]. Bu

çalışmalarda sistemlerin olumlu etkileri konusunda hemfikir olmalarına rağmen, verimlilik yüzdelerini sayısallaştırma konusunda fikir ayrılığına düşerler [25].

Çizelge 2. Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Verimlilik Yüzdeleri [7,10,19,12,11,8,25]

	Varlık Sensörü	Güneşliği	Loşlaştırma	Güneşliği+Varlık Sensörü
[19]	20-26%	27%	23%	
[10]	35%	20%	11%	
[25]	27-44%		45-61%	
[7]		62%		
[8]	40%			65%
[11]		30%		
[12]	75%	79%		

Çizelge 2’de görülen bu verimlilik yüzdelerinin farklılığı, her bir çalışmanın ayrı geometrik, kullanıcı ve lokasyon özelliklerine sahip hacimleri değerlendirmesi ve bununla birlikte değişik yöntem ve amaca sahip olmasından kaynaklanmaktadır [26]. Örneğin, güneşliğine duyarlı kontrol sistemlerinin verimliliğinin çalışmalarda %25 [27] ile %76 arasında değiştiğini [25] görebiliriz. Benzer şekilde varlık/hareket algılayıcı sistemlerin verimliliği ise %20 [25] ile %45 [3] arasında değiştiğini belirten çalışmalar bulunur. Görüldüğü gibi sonuçlar birbirleri ile ciddi oranda çeşitlilik gösterdiği için, aydınlatma kontrol sistemi kararı verilirken yalnızca bir çalışmanın sonuçlarından faydalanmak yanıltıcı olabilir. Üstelik bu çalışmalarda elde edilen verimlilik değerleri, yapay aydınlatma elemanlarının tüm çalışma saatleri boyunca açık olduğu varsayımı ile karşılaştırarak elde edilir ki, bu da her zaman gerçek koşulları yansıtmıyor olabilir [6].

Aydınlatma kontrol sistemleri ile ilgili bir diğer önemli nokta ise kullanıcı memnuniyetidir. Aydınlatma kontrol sistemlerinin öncelikli hedefi yapay aydınlatma amaçlı harcanan enerji tüketimini düşürmek olsa da, kullanıcı memnuniyetinden de ödün verilmemesi gerekir.

3 Hareket/Varlık Sensörlü Aydınlatma Kontrol Sistemleri ve Kullanıcı Memnuniyeti

Hareket sensörlü aydınlatma kontrol sistemleri,

kamu ve ticari mekânlarda en sıklıkla rastlanan

kontrol sistemi türüdür. Hacimde varlık hissetmediği durumda ışıkları kapatan bu sistemler içerdikleri sensörler aracılığı ile çalışırlar. Fakat bazen sensörlerinin yetersizliği, mimari biçimleniş ya da sensörlerin yerleşimi gibi çeşitli sebeplerden dolayı hacim içindeki varlığı algılayamaz ve hacimde kullanıcı olmasına rağmen ışıkları kapatır [28]. Kullanıcının hareketsiz kalması da, bu sistemlerin içerideki varlığı algılayamamasına sebep olduğundan benzer şekilde aydınlatma elemanlarının kapanmasını sağlar. Kullanıcı denetimi dışındaki bu kontrol, özellikle sık tekrar ettiği durumlarda kullanıcı açısından konfor bozucu olur.

Buna ek olarak günümüzde enerji verimliliği akkor lambalara kıyasla daha yüksek olduğu ve ilk yatırım maliyetinin de düşük olmasından dolayı kompakt flüoresan (enerji tasarruflu lamba olarak da adlandırılan) lambalar sıklıkla tercih edilmektedir. Ancak, bu lambalar ile ilgili bir diğer önemli nokta ise, lamba ömürlerinin açıp/kapama süresi ile doğrudan bağlantılı olmasıdır. Çalışma sürelerinin kısa olması (5 dakikalık bir periyot ile) lamba ömrünü %15'lere kadar düşürebilir [29]. Bu tür lambaların, yukarıda bahsi geçen varlık sensörü ile birlikte kullanıldığı durumda, sensörün algılayıcıları ya da kullanıcının konumundan dolayı lamba sıklıkla açıp kapanırsa, lamba kullanım ömrü belirgin şekilde azalır.

Hareket sensörlerine ilişkin bir diğer sorun ise, kullanıcıların hacim içinde bir sensör olduğunu bildikleri durumda yapay aydınlatma sistemlerini kontrol etmemesinden kaynaklanır [30]. Var olan

sensörlerin ışıkları kapatacakları varsayımı ile hacmi ışıkları açık bırakarak terk eden kullanıcılar, sensörlerin yapay aydınlatmayı kapatmak için belirlenen erteleme süresi boyunca (bu süre 30 dakikaya kadar çıkabilir) enerjinin boşa harcanmasına sebep olabilir.

4 Günışığı Sensörlü Aydınlatma Kontrol Sistemleri ve Kullanıcı Memnuniyeti

Günışığından faydalanmayı öngörmek için yalnızca yönleniş ve çalışma saatlerini kullanmak yetersiz kalmaktadır. Çünkü günışığı değerleri gökyüzü durumu, camın geçirgenliği, açıklık oranları, gölgeleyiciler ve engeller gibi pek çok kritere bağlı olarak değişiklik gösterir. Günışığı sensörlü aydınlatma kontrol sistemleri ise, hacimdeki günışığı aydınlık düzeyine göre yapay aydınlatmayı kontrol ederek (loşlaştırma ya da arttırma gibi) enerji tasarrufu sağlamayı hedefler. Burada amaç, günışığının yeterli olduğu zamanlarda yapay aydınlatmayı kısarak tüm çalışma saatleri boyunca hacimde sabit aydınlık düzeyi değerlerini sağlamaktır. Bu kontrol sistemlerinde sensörlerin günışığını algılamasına göre yapay aydınlatma sistemleri bütüncül olarak kontrol edilir. Halbuki günışığı hacmin farklı bölgelerinde ve farklı derinliklerinde eşit olarak dağılmaz. Bu nedenle sensörün konumu çok belirleyici olup, hacmin pencereden uzak kısımlarında yetersiz aydınlık düzeyi oluşmasına, pencereye yakın kısımlarında ise kamaşmaya neden olabilir [31].

5 Zaman Ayarlı Kontrol Sistemleri

Görsel konfor için standartlarca belirlenmiş sağlanması önerilen farklı aydınlık düzeyleri bulunmaktadır. Örneğin ofislerde çalışma düzlemi üzerinde 500 lux değerinin sağlanması gerekir[32]. Bazı araştırmalar sonucunda ise, standartlarda belirlenen bu uygun değerlerin her kullanıcı için geçerli olmadığı görülmüştür. Örneğin, Veitch ve Newsham'ın (2000) çalışmasında, katılımcıların masa üzerinde tercih ettikleri aydınlık düzeyi değerlerinin 83 ile 725 lux arasında değiştiği görülmüştür. [33]. Bu çalışma sonuçları tek tek ele alındığında, kullanıcıların yaklaşık olarak yüzde 10-15 daha az enerji tükettiği görülmüştür [34]. Benzer sonuçlara ulaşan bir diğer çalışmada ise, katılımcıların tercih ettiği aydınlık düzeyi değerlerinin standartlarda önerilen aydınlık düzeyi değerlerinden yaklaşık yüzde 10 daha az olduğu

görülmüştür [35].

Ayrıca pek çok çalışmada, kullanıcıların gün boyunca sabit aydınlık düzeyi ile çalışmak istemediğini ortaya koymaktadır [24]. Kullanıcılar gün boyunca biyolojik ritimlerine, kişisel tercihlerine, ışık sıcaklıklarına ve gökyüzü durumuna göre birbirlerinden ve standartlarda önerilen değerlerden farklı aydınlık düzeylerini tercih edebiliyor. Örneğin Escuyer ve Fontoynt'un çalışmasında, katılımcılara günışığına göre yapay aydınlatmayı bireysel olarak kontrol etmelerine imkan veren bir sistem sunulmuştur. Bu çalışma sırasında katılımcıların, 230 lux ile 730 lux arasında değişen farklı değerleri tercih ettiği görülmüş ve gün boyunca hacmin üzerinde sabit aydınlık düzeyi yakalamaya çalışma gayretine girmedikleri görülmüştür[36]. Benzer şekilde 22 katılımcı ile yapılan çalışmada, tercih edilen aydınlık düzeyi değerinin 83-725 lux arasında değiştiği görülmektedir[33]. Begemann ve diğerlerinin çalışmasında, bireysel aydınlatma kontrol olanağı verilen 170 katılımcının ışığa duyarlılık, uyku kalitesi, biyolojik saat, sağlık durumu ve konfor koşullarına göre birbirinden oldukça farklı aydınlık düzeyleri tercih ettiği görülmüştür[37].

6 Tartışma

Günümüzde yaşanan çevresel sorunlar yüksek enerji tüketimi ile doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple önemli bir enerji tüketim kaynağı olan yapılarda, tasarruf amaçlı yeni yöntemlerin geliştirilmesi hız kazanmıştır. Yapılardaki enerji tüketimini arttırmanın önemi çok belirgin olmakla birlikte, yapılar kullanıcılar için yapılır ve onların memnuniyeti de geri plana atılmamalıdır. Kullanıcıların hacim içindeki aydınlatma koşullarından memnuniyeti, onların iş verimi, davranış biçimleri, stresi, mekanı algılayışı gibi pek çok parametreyi doğrudan ilgilendirir [38]. Kullanıcıların buldukları alanların, bireysel kontrolleri dışında "otomatik" bir sistem tarafından kontrol edilmesinden hoşlanmadıkları da literatürde yer alan çalışmalar tarafından ortaya konulmuştur [39].

Kullanıcılar, içinde buldukları hacmi, iç mekan çevresel konfor koşullarını arttırmaya yönelik şekilde düzenler ve bu düzenlemeler, diğer çevresel faktörleri de tetikleyebilir. Örneğin, gölgeleme elemanlarını daha fazla günışığı alma amacı ile açan

kullanıcı, içeriye daha fazla ışık girmesini sağlayarak yapay aydınlatma enerji tüketimini azaltırken, hacimde daha fazla ısının birikmesine, dolayısıyla da soğutma yükünün artmasına neden olabilir. Kullanıcının hacim içindeki değişen iklimsel koşullara vereceği tepkileri ve beklentilerini öngörmek zorlu bir süreçtir.

Sosyal psikolojide “manevi denge” (*moral equilibrium*) olarak adlandırılan bu olgu, kullanıcının sensör kullanarak çevreye karşı duyarlı bir davranış gösterdiğini bilmesinden dolayı davranışlarının çevre için daha az duyarlı olmasını anlatmaktadır. Uzun süreli bir diyetin bitiminde büyük bir pasta yenmesi gibi manevi olarak görevini yerine getirmenin daha az duyarlı olmaya davranmaya yönelttiği görülmektedir [40].

7 Sonuç

Yapılar, kullanıcıları için tasarlanıp inşa edildiği için, tek odağı enerji tüketimi ve verimlilik olarak ele almak kapsamı dar bir yaklaşımdır. Kullanıcı memnuniyeti yapıların performansını belirlemede önemli bir ölçüt olarak ele alınmalıdır. Dolayısıyla hedeflenmesi gereken amaç, yapılardaki enerji tüketimini kullanıcı memnuniyetinden ödün vermeden azaltmaktır. Herhangi bir kontrol sistemi ile hacimdeki tüm kullanıcıların görsel memnuniyetini ve enerji tasarrufunu birlikte sağlamak oldukça zorlu bir amaçtır. Bu sebeple kullanıcılara, çalıştıkları/buldukları bölümü bireysel olarak kontrol etme imkanı tanıyan bölgesel-işleve yönelik aydınlatma imkanının tanınması var olan memnuniyetsizlikleri gidermede yardımcı olabilir. Ayrıca otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin kullanıldığı hacimlerde, bu kontrol sistemlerini kullanma ve yönetme konusunda hacmin kullanıcılarına gerekli bilgi ve yetkinin verilmesi, onların hacmi sahiplenmesi, görsel konfor ve enerji tasarrufunu sağlamada daha etkin rol oynamasına izin verebilir.

8 Referanslar

- [1] Sattrup, P. A. Sustainability - Energy Optimization - Daylight and Solar Gains. Royal Danish Academy of Fine Arts School of Architecture, Design and Conservation Institute of Architectural Technology. 2012.
- [2] Thewes, A., Maas, S., Scholzen, F., Waldmann, D. & Zürbes, A. Field study on the energy consumption of school buildings in Luxembourg. *Energy Build.* 2014; 68, 460-470.
- [3] Kutlu, R. Ofislerde Enerji Etkin Aydınlatma Sistemleri. in *Tasarımda Genç Bakışlar" Ulusal Sempozyum : Sempozyum Bildirileri.* 2010.
- [4] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. Elektrik Elektronik Teknolojisi İç Aydınlatma Tesisatları. 2007.
- [5] Pigg, S., Eilers, M. & Reed, J. Behavioral Aspects of Lighting and Occupancy Sensors in Privates Offices: A case study of a University Office Building. *ACEEE 1996 Summer Study Energy Effic. Build.* 1996; 161-170.
- [6] Reinhart, C. F. Lightswitch-2002: a model for manual and automated control of electric lighting and blinds A versio. *Sol. Energy.* 2004; 77, 15-28.
- [7] Yavuz, C., Yanikoğlu, E. & Güler, Ö. Evaluation of Daylight Responsive Lighting Control Systems According to the Results of A Long Term Experiment. *Light Eng.* 2012; 20, 75-83.
- [8] Chiogna, M., Mahdavi, a., Albatici, R. & Frattari, a. Energy efficiency of alternative lighting control systems. *Light. Res. Technol.* 2011; 44, 397-415.
- [9] Guo, X., Tiller, D., Henze, G. & Waters, C. The performance of occupancy-based lighting control systems: A review. *Light. Res. Technol.* 2010; 42, 415-431.
- [10] Galasiu, A. D., Newsham, G. R., Suvagu, C. & Sander, D. M. Energy saving lighting control systems for open-plan offices: a field study. *Leukos.* 2007; 4, 7-29.
- [11] Onaygıl, S. & Güler, Ö. Determination of the energy saving by daylight responsive lighting control systems with an example from Istanbul. *Build. Environ.* 2003; 38, 973-977.
- [12] Gentile, N., Laike, T. & Dubois, M. C. Lighting control systems in individual offices rooms at high latitude: Measurements of electricity savings and occupants' satisfaction. *Sol. Energy.* 2016; 127, 113-123.
- [13] Parys, W., Saelens, D. & Hens, H. Impact of

Occupant Behaviour on Lighting Energy Use. in Building Simulation Eleventh International IBPSA Conference, 2009; 1143-1150.

[14] Rossi, M., Pandharipande, A., Caicedo, D., Schenato, L. & Cenedese, A. Personal lighting control with occupancy and daylight adaptation. *Energy Build.* 2015; 105, 263-272.

[15] Moore, T., Carter, D. J. & Slater, A. I. A field study of occupant controlled lighting in offices. *Light. Res. Technol.* 2002; 34, 191-205.

[16] Soori, P. K. & Vishwas, M. Lighting control strategy for energy efficient office lighting system design. *Energy Build.* 2013; 66, 329-337.

[17] Bourgeois, D., Reinhart, C. & Macdonald, I. A. Assessing the total energy impact of occupant behavioural response to manual and automated lighting systems. in Ninth International IBPSA Conference. 2005; 99-106.

[18] Aries, M. B. C. & Newsham, G. R. Effect of daylight saving time on lighting energy use: A literature review. *Energy Policy* . 2008; 36, 1858-1866.

[19] Jennings, J. D. et al. Comparison of Control Options in Private Offices in an Advanced Lighting Controls Testbed. *Illum. Eng. Soc.* 2000.

[20] Jennings, J., Colak, N. & Rubinstein, F. Occupancy and time-based lighting controls in open offices. *J. Illum. Eng. Soc.* 2002; 31, 86.

[21] Görgülü, S. & Ekren, N. Energy saving in lighting system with fuzzy logic controller which uses light-pipe and dimmable ballast. *Energy Build.* 2013; 61, 172-176.

[22] Galasiu, A. D., Atif, M. R. & MacDonald, R. a. Impact of window blinds on daylight-linked dimming and automatic on/off lighting controls. *Sol. Energy.* 2004; 76, 523-544.

[23] Williams, A., Atkinson, B., Rubinstein, F. & Page, E. A Meta-Analysis of Energy Savings from Lighting Controls in Commercial Buildings. 2011.

[24] Newsham, G. R., Aries, M. B. C., Mancini, S. & Faye, G. Individual control of electric lighting in a daylight space. *Light. Res. Technol.* 2008; 40, 25-41.

[25] Roisin, B., Bodart, M., Deneyer, A. & D'Herdt, P. Lighting energy savings in offices using different control systems and their real consumption. *Energy Build.* 2008; 40, 514-523.

[26] Williams, A., Pe, B. A., Garbesi, K., Pe, E. P. & Fies, F. R. Lighting Controls in Commercial Buildings. *Leukos.* 2012; 8, 161-180.

[27] Dubois, M.-C. & Blomsterberg, Å. Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office

buildings: A literature review. *Energy Build.* 2011; 43, 2572-2582.

[28] Lam, K. P. et al. Occupancy Detection Through an Extensive Environmental Sensor Network in an Open-Plan Office Building. in *Building Simulation.* 2009; 1452-1459.

[29] Ramroth, L. Comparison of Life-Cycle Analyses of Compact Fluorescent and Incandescent Lamps Based on Rated Life of Compact Fluorescent Lamp. Rocky Mountain Institute. 2008.

[30] Reinhart, C. Daylight Availability and Manual Lighting Control in Office Buildings-Simulation Studies and Analysis of Measurements. University of Karlsruhe. 2001.

[31] Leslie, R., Raghavan, R., Howlett, O. & Eaton, C. B. The Potential of Simplified Concepts for Daylight Harvesting. *Light. Res. Technol.* 2005; 37.

[32] CEN/TC169. EN 15193: Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting Contents. 2006.

[33] Veitch, J. A. & Newsham, G. R. Preferred luminous conditions in open-plan offices : research and practice recommendations. *Int. J. Light. Res. Technol.* 2000; 32, 199-212.

[34] Galasiu, A.D.; Newsham, G. R. Energy savings due to occupancy sensors and personal controls: a pilot field study. in *Lux Europa 2009, 11th European Lighting Conference.* 2009; 745-752.

[35] Boyce, P. R., Eklund, N. H. & Simpson, N. S. Individual Lighting Control; Task Performance, Mood and Illuminance. *J. Illum. Eng. Soc.* 2000; 131-142.

[36] Escuyer, S. & Fontoynt, M. Lighting controls : a field study of office workers ' reactions. *Chart. Inst. Build. Serv. Eng.* 2001; 2.

[37] Begemann, S. H. A., van den Beld, G. J. & Tenner, A. D. Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses. *Int. J. Ind. Ergon.* 1997; 20, 231-239.

[38] Tabak, V. User Simulation of Space Utilisation: System for Office Building Usage Simulation. Eindhoven, Technische Universiteit Magnificus, De Rector. 2009.

[39] Doulos, L., Tsangrassoulis, A. & Topalis, F. V. Evaluation of lighting controls in office buildings. in *6th WSEAS International Conference on Circuits, Systems, Electronics, Control & Signal Processing.* 2007; 69-77.

[40] Merritt, A. C., Effron, D. a. & Monin, B.

Moral Self-Licensing: When Being Good Frees Us
to Be Bad. Soc. Personal. Psychol. Compass. 2010;

4, 344-357.