

Praktische relevantie van verlichtingsstrategieën

Het afgelopen decennium is 'het nieuwe werken' geïntroduceerd. Dit is een nieuwe manier van werken waarbij flexibiliteit centraal staat, zowel in tijden als locatie. Dit nieuwe principe heeft onder meer gezorgd voor een bredere toepassing van kantoortuinen. Een belangrijk kenmerk van dit kantoortype is dat werknemers de werkruimte delen met meerdere collega's. Voorheen had elk individu een eigen kantoorruimte waar de verlichting gemakkelijk ingesteld kon worden naar zijn of haar eigen wensen. In een kantoortuin dient personeel rekening te houden met de wensen van collega's..

C. (Christel) de Bakker, J. (Juliëtte) van Duijnhoven, M.B.C. (Myriam) Aries, H.S.M. (Helianthe) Kort, A.L.P (Alexander) Rosemann; Unit Building Physics and Services, Technische Universiteit Eindhoven

De studie van Villa en Labayrade (2012) geeft aan dat het lichtontwerp gezien kan worden als een probleem met meerdere doelstellingen. Zo kan een bepaalde verlichtingsstrategie toegepast worden om energie te besparen, maar het doel kan ook zijn de gezondheid en de tevredenheid van de werknemers in die kantoortuin te verbeteren. Een grote uitdaging is om de juiste verlichtingsstrategie in een kantoortuin toe te passen.

Villa en Labayrade benadrukken dat niet alleen naar het energie-aspect van de verlichtingsstrategie gekeken dient te worden, maar ook naar de menselijke aspecten, zoals de visuele voorkeuren van de werknemers. Veitch en collega's (2008) bekijken verlichting vanuit het gezondheidsperspectief, maar benoemen ook dat niet alleen vanuit deze visie naar verlichtingsstrategieën gekeken moet worden. Om de praktische relevantie van de verlichtingsstrategieën in kantoortuinen te verhogen behoren de voordelen van verlichting op de gezondheidsaspecten meegewogen te worden met energiebesparingen en andere milieuvoordelen.

Werknemers vormen de grootste kostenpost van een bedrijf. Het merendeel van de totale kosten van een bedrijf zijn de salariskosten. Een goede verlichtingsstrategie kan het welzijn én de gezondheid van werknemers bevorderen. Dit draagt bij aan verminderd verloop in banen en het kan zowel de productiviteit als de werk efficiëntie van werknemers verhogen. Dit betekent, in theorie, een nettowinst voor een bedrijf.

Verschillende studies hebben een verband gelegd tussen verlichting en productiviteit. Veitch en collega's (2008) geven aan dat een betere lichtkwaliteit in kantoren de organisatorische productiviteit kan ondersteunen. Das (2015) benadrukt dat de verlichting in een kantoor voor een productieve werkomgeving kan zorgen. Zij geeft aan dat productiviteit het doel zou moeten zijn van kantoorverlichting. Kostenreductie door te besparen op of energie of werknemerskosten (d.m.v. verhoogde productiviteit) is erg aantrekkelijk voor een bedrijf. Daarnaast wensen bedrijven zich te profileren als organisatie van goed ondernemerschap,

door hun gebouw en organisatie hierop te laten keuren. Zo houdt beoordeling volgens de Breeam index een beoordeling in op mate van duurzaamheid (Breeam-NL, 2014). De beoordeling volgens de WELL buildings code gaat hier aan voorbij. Deze houdt namelijk ook rekening met de gezondheidsaspecten en welzijn van het personeel ook onder andere vanuit het perspectief van de verlichting (International Well Building Institute, 2016). Door deze uitkomsten als doel te stellen is het mogelijk de praktische relevantie van een goed ontworpen verlichtingsstrategie in kantoortuinen te ondersteunen.

ENERGIEBESPARING

Verlichtingsstrategieën in kantoorgebouwen zijn vaak gericht op energiebesparing in het kader van duurzaamheid. Onderzoek heeft aangetoond dat verlichting tussen 20% en 45% van de energieconsumptie beslaat (Dubois en Blomsterberg 2011). Een strategie om het energiegebruik van verlichting te reduceren is het gebruik van aanwezigheids-

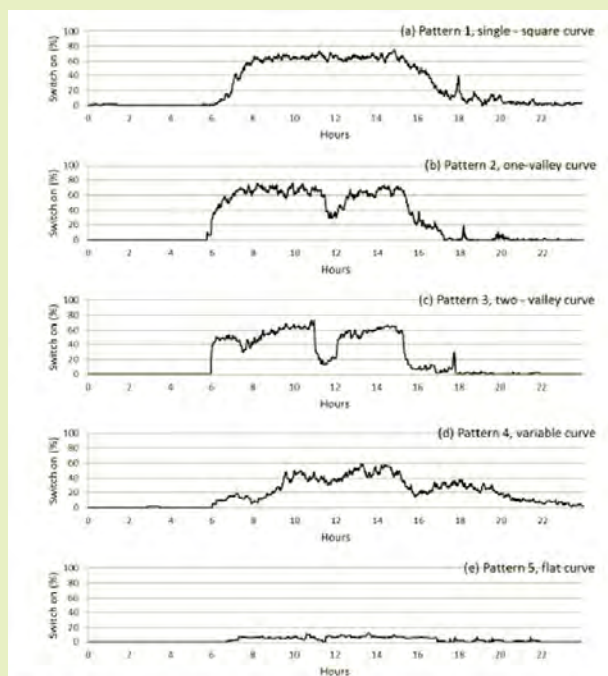
sensoren. Deze schakelen de verlichting uit als gedurende een bepaalde tijd geen werknemers meer zijn gedetecteerd. Verschillende studies hebben aangetoond dat de implementatie van aanwezigheidssensoren de energieconsumptie van verlichting reduceert, variërend van 20% tot 60% afhankelijk van de tijdsinstelling en ruimte (Chung en Burnett 2009; Galasiu et al. 2013; Von Neida, Manicria, en Tweed 2001). In kantoorruimten, die gedeeld worden door meerdere werknemers, omvat de implicatie van deze sensoren meer dan in cellenkantoren. Cellenkantoren worden slechts gebruikt door één werknemer. Dit betekent dat de sensoren slechts deze ene werknemer dienen te detecteren. Bovendien dient de verlichting alleen te worden aan- of uitgeschakeld afhankelijk van zijn of haar aanwezigheid. In kantoorruimten dienen niet alleen meerdere werknemers te worden gedetecteerd, de verlichting dient ook rekening te houden met de aanwezigheid van verschillende werknemers die ook nog eens verschillende functies en daarmee gepaarde activiteiten hebben. Veelal wordt echter de verlichting centraal geregeld. Dit betekent dat de verlichting in de gehele ruimte aangaat wanneer slechts één persoon aanwezig is en pas wordt uitgeschakeld wanneer alle werknemers van de kantoorruimte afwezig zijn. Dit laatste zal slechts op enkele momenten per dag mogelijk zijn, omdat onderzoek laat zien dat werknemers verschillen vertonen in hun aanwezigheidspatronen. Chang en Hong (2013) vonden vijf typische patronen, welke te zien zijn in figuur 1.

Figuur 1 laat zien dat bijvoorbeeld het eerste

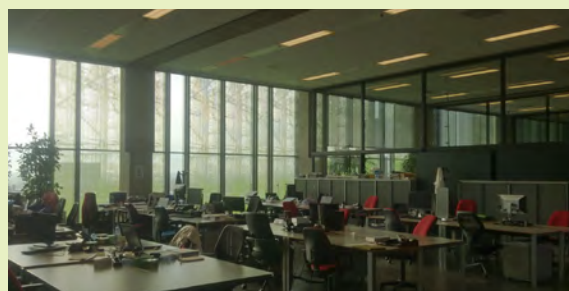
type werknemer de gehele dag aan zijn bureau spendeert terwijl een tweede type een lunchpauze neemt. Daarnaast zit er een variatie van 2,5 uur in het tijdstip wanneer werknemers op kantoor arriveren en het weer verlaten (Maleetipwan-Mattsson et al. 2015). In het geval van een centrale verlichtingsstrategie betekent dit dat het tijdstip waarop de vroegste werknemer arriveert, bepaalt wanneer de verlichting wordt ingeschakeld. Het tijdstip waarop de laatste werknemer naar huis gaat, bepaalt wanneer de verlichting wordt uitgeschakeld. Als in een kantoorruimte vervolgens een werknemer met een type 1 aanwezigheidspatroon werkt, zal de verlichting aanblijven tussen deze twee tijdstippen, oftewel gedurende de gehele dag. Op deze manier wordt verlichting verre van optimaal gebruikt, zoals duidelijk wordt in figuur 2. Daarnaast is de kans groot dat deze verschillen alleen nog maar toe nemen door de komst van het flexwerken. Dit staat werknemers meer flexibiliteit toe in wanneer ze werken en geeft ze de vrijheid om op een locatie te werken buiten het kantoor om. Ook binnen de kantoorruimten heeft lang niet iedere medewerker meer zijn eigen vaste plek. Flexplekken maken het werknemers mogelijk iedere dag achter een ander bureau te zitten. In kantoorruimten met een grote variatie in aanwezigheidspatronen is persoonlijke verlichting daarom geschikter dan centrale verlichting. Door de verlichting te regelen op basis van de aanwezigheid van een werknemer aan zijn of haar bureau kan meer energie bespaard worden. Bij deze strategie zal de

verlichting echter meer variatie vertonen dan bij de centrale strategie waar alle verlichting constant aan is. Iedere keer dat een werknemer zijn of haar bureau verlaat zal plaatselijk een verandering in lichtniveau plaatsvinden. Deze strategie werd al getest in kantoorgebouwen in de Verenigde Staten, onder andere door Rubinstein en Enscoe (2010). Zij installeerden armaturen boven iedere werkplek die zowel in directe als indirecte verlichting voorzagen. Deze persoonlijke verlichtingsstrategie resulteerde in 40% energiebesparing ten opzichte van de oorspronkelijke centrale verlichtingsstrategie. Dit laat zien dat persoonlijke verlichting een hoge potentie heeft om energie te besparen op verlichting in kantoorruimten.

Energiebesparing zou echter niet de enige drijfveer mogen vormen om een verlichtingsstrategie te implementeren. Het mag niet ten koste gaan van het (visueel) comfort en functioneren van de werknemers. Rubinstein en Enscoe (2010) evalueerden hun strategie met de werknemers en de uitkomst suggereerde dat de persoonlijke verlichtingsstrategie de voorkeur genoot. In de Verenigde Staten kennen kantoorruimten echter een andere inrichting dan in Europa. In de VS worden alle werkplekken van elkaar gescheiden door tussenschotten, zoals te zien is in figuur 3. Door deze tussenschotten zijn voor werknemers hooguit alleen de veranderingen in lichtniveau waarneembaar als gevolg van de aan- of afwezigheid van de directe 'buren'. Echter, in kantoorruimten in Europa kan iedere werknemer de gehele kantoorruimte overzien. Het implementeren van een persoonlijke ver-



-Figuur 1- Type aanwezigheidspatronen van individuele werknemers (Chang en Hong, 2013)



-Figuur 2- Kantoorruimte met centrale verlichtingsstrategie



-Figuur 3- Typische kantoorruimte in de Verenigde Staten

lichtingsstrategie vraagt daarom in Europese kantoorruimten om aanvullende aandacht om het visuele comfort van de werknemer en de andere werknemers te waarborgen. Bovendien bestaat het gevaar dat werknemers erdoor worden afgeleid in hun werkzaamheden. Energiebesparing en gebruikerservaring bij introductie van een verlichtingsstrategie is onderzocht in een kantoorruimte gedeeld door 12 werknemers in een kantoorgebouw in Nederland door verschillende onderzoekers van de unit Building Physics and Services van de Technische Universiteit Eindhoven. In deze kantoorruimte hangt typische plafondverlichting in een regelmatig grid welke handmatig aan- en uitgezet kan worden met een knop bij de deur. In deze studie werd de huidige verlichtingsinfrastructuur behouden om de implementatie van persoonlijke verlichting laagdrempelig te houden. Om persoonlijke verlichting mogelijk te maken waren twee aanpassingen nodig. Ten eerste werd in de directe nabijheid van iedere werknemer een sensor geplaatst die de aanwezigheid van de werknemer detecteert. Ten tweede werd het mogelijk gemaakt iedere armatuur apart in- en uit te schakelen. Voorafgaand aan de studie is door middel van lichtmetingen bepaald welke armaturen ingeschakeld moeten worden om 500 lux horizontaal op iedere werkplek te krijgen en zo te voldoen aan de NEN-EN-12464-1 norm. Voor sommige werkplekken dienden meerdere armaturen ingeschakeld te worden omdat deze zich bijvoorbeeld tussen twee armaturen bevonden. Na afloop van elk experiment wordt de strategie met de gebruikers geëvalueerd. Het eerste experiment liet zien dat werknemers gemiddeld minder tevreden waren met de verdeling van het licht over de ruimte in vergelijking met de oorspronkelijke centrale verlichtingsstrategie. In vervolgstudies zullen scenario's worden getest waarbij de verlichting niet volledig uitgeschakeld wordt, maar wordt gedimd op basis van persoonlijke afwezigheid en in overeenstemming met de aanwezige werknemers.

De eerste resultaten laten zien dat het van belang is een verlichtingsstrategie niet alleen te evalueren op zijn energiegebruik, maar dat het ook nodig is om de gebruikerservaring te adresseren. Hierdoor zal de uiteindelijk praktische acceptatie van de strategie verhogen.

■ GEZONDHEID WERKNEMERS

De ARBO unie registreert het ziekteverzuim van alle werkende mensen in Nederland. In 2014 konden de redenen van ziekteverzuim duidelijk gesplitst worden in drie redelijk gelijk verdeelde groepen: psychologische redenen, fysieke problemen (zoals rugproblemen, RSI of stijfheid) en een groep 'onbekend' (Arboned

2015). De onbekende redenen zijn ziekmeldingen waarvan de redenen niet bekend zijn bij de bedrijfsarts en daarom niet geregistreerd zijn bij de ARBO unie.

Er is al veel onderzoek gedaan naar de effecten van licht op de meest voorkomende redenen van ziekteverzuim. Verschillende studies lieten positieve effecten zien van verlichting op psychologische problemen zoals depressies, SAD en dementie (Hoof, J. van et al. 2012; Forbes et al. 2013; Lucas et al. 2014). Daarnaast is het effect van licht op slaapkwaliteit ook veelvuldig onderzocht (Forbes et al. 2013; Boubekri et al. 2014). Verlichting overdag in kantoorgebouwen kan positieve effecten hebben op de slaapkwaliteit van werknemers 's nachts (Aries, Veitch, en Newsham 2010). Een betere slaapkwaliteit kan vervolgens invloed hebben op de psychologische en fysieke gezondheid van werknemers, van psychiatrische problemen tot obesitas (Vetter et al. 2011). Door deze link tussen slaapkwaliteit en mentale of fysieke gezondheid worden de studies naar de effecten van licht op slaapkwaliteit steeds belangrijker en meer relevant.

Naast het feit dat werknemers gezond en productief behoren te blijven, is het van belang dat werknemers tevreden en gemotiveerd zijn. Veitch en collega's (2008) demonstreerden een indirecte link tussen lichtcondities en motivatie op het werk (zie figuur 4). Ook toonden zij een direct verband aan tussen tevredenheid met de lichtcondities en algemene tevredenheid op het werk. De invloed van daglicht kan worden gezien als één van de vele indicaties voor de tevredenheid van de werknemers over de verlichting in een kantoorgebouw (Borisuit et al. 2014). De kwaliteit, waaronder de dynamiek, van daglicht is hiervoor van belang. Zo bevat daglicht over het algemeen meer energie in het korte-golflengte-deel van het spectrum, oftewel bevat daglicht meer blauw licht. Ook is de lichthoe-

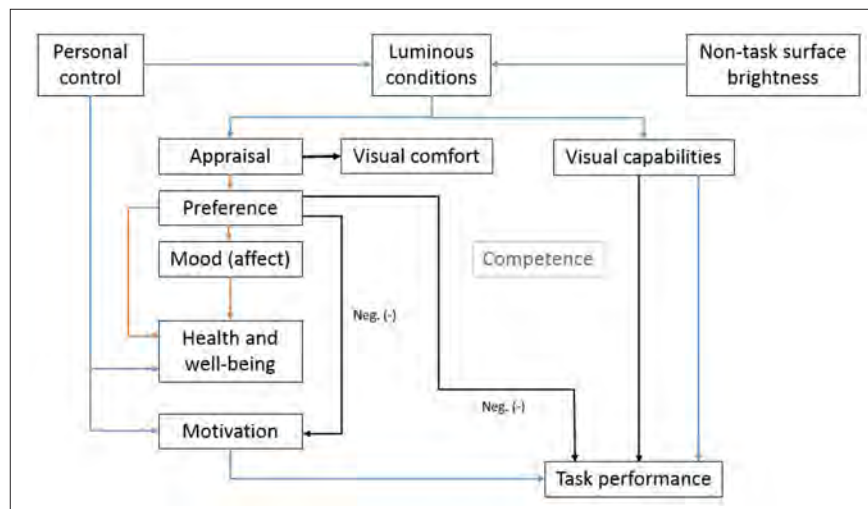
veelheid die met daglicht kan worden bereikt vaak vele mate hoger dan de verlichtingssterktes geproduceerd door kunstverlichting. De aanwezigheid, maar zeker ook de afwezigheid, van daglicht zorgt ervoor dat mensen een zogenaamd dag- en nachtritme behouden. Dit dag- en nachtritme is cruciaal voor onder meer een goede slaapkwaliteit.

Aangezien de timing, de duur en de hoeveelheid licht waaraan men wordt blootgesteld van belang is voor de gezondheid van werknemers, wordt er tegenwoordig steeds vaker dynamische verlichting toegepast. Deze dynamische verlichting kan bijvoorbeeld ingezet worden om een 'afterlunch-dip' tegen te gaan en de productiviteit van werknemers (voor specifieke taken) te verhogen.

Vaak wordt de invloed van daglicht op de gezondheid of productiviteit van werknemers hoog ingeschat door de werknemers zelf. In hun literatuuronderzoek naar daglichttoetreding in kantooromgevingen verzamelden Galasiu en Veitch (2006) de volgende conclusies:

- 86% van de deelnemers aan een onderzoek gaf in een vragenlijst aan dat daglicht hun favoriete lichtbron is (Cuttler, 1983);
- Meer dan de helft van de deelnemers gaf in vragenlijsten aan dat ze geloofden dat daglicht beter is voor het psychologisch comfort, voor algemene gezondheid en specifiek voor visuele gezondheid vergeleken met kunstlicht (Heerwagen en Heerwagen, 1986);
- 52% van de deelnemers gaf in vragenlijsten aan dat ze geloofden beter te werken in werkplekken verlicht door daglicht (Veitch en Gifford, 1996);
- 69% van de geïnterviewde deelnemers vond dat het beter was voor hun ogen om onder daglicht te werken vergeleken met kunstlicht (Wells, 1965).

Gezondheidsproblemen die direct gerela-



-Figuur 4- Overzicht van geïdentificeerde links door Veitch en collega's (2008)

teerd worden aan kantoorverlichting zijn verblinding door direct zonlicht of kunstlicht, ontevredenheid van werknemers over de verlichting en een verminderde slaapkwaliteit. Het merendeel van deze aspecten kan direct beïnvloed worden door (variëaties in) de kantoorverlichting. Alhoewel er directe effecten van verlichting op de gezondheid van werknemers zijn aangetoond, is het wel zo dat kantoorverlichting vaak als één van de vele omgevingsaspecten gezien wordt die invloed hebben op de gezondheid van werknemers. (Huang et al. 2012)

In een observatiestudie uitgevoerd door onderzoekers van de TU/e Building Lighting groep in een kantoorgebouw in Nederland, zijn er informele gesprekken gevoerd zijn met 22 werknemers om inzicht te krijgen in hun ervaringen met de werkomgeving. De gesprekken zijn algemeen en breed gestart en de geïnterviewde stuurde het gesprek een bepaalde richting op. Zelf gaven zij voornamelijk aan dat er andere aspecten (zoals temperatuur, relatieve vochtigheid en geluid) eerder als negatief worden ervaren vergeleken met de verlichting. Naast de informele gesprekken met de werknemers zijn horizontale verlichtingssterktes gemeten in het kantoorgebouw. Uit eerste metingen bleek dat de aanbeveling van 500 lux op het horizontale vlak (NEN-EN-12464-1) het merendeel van de dag niet behaald wordt. Toch vonden de werknemers de verlichting over het algemeen goed en werden ze er vaak niet door gestoord. Als storend werden voornamelijk zonlicht wat voor verblinding zorgde of te donkere werkplekken genoemd. Uit deze studie blijkt dat werknemers minder kritisch lijken over verlichting vergeleken met andere aspecten. Daarnaast worden lichtcondities waaraan ze worden blootgesteld, ook al zijn deze lager dan de algemene aanbevelingen, sneller geaccepteerd.

Het resultaat van deze eerste observatiestudie is in tegenspraak met resultaten van een vergelijkbare studie waarin symptomen van het 'Sick Building Syndrome' zijn onderzocht. Jafari en collega's (2015) concludeerden dat onbehaaglijkheid het meest voorkomende symptoom was op een groep van 200 deelnemers in een veldstudie in Iran. Belangrijker hier is dat ze ook concludeerden dat slechte verlichting wordt aangegeven als hoofdoorzaak van deze onbehaaglijkheid. Deze tegenstrijdigheid in onderzoeksuitkomsten is aanleiding voor de Building Physics and Services unit van de TU/e om meer onderzoek te doen naar de effecten van kantoorverlichting op de gezondheid en tevredenheid van kantoorwerknemers.

CONCLUSIE

Tijdens het ontwerp van nieuwe kantoorge-

bouwen alsmede in huidige kantoorgebouwen krijgt verlichting vaak (te) weinig aandacht, of pas op het moment dat veel cruciale beslissingen al genomen zijn. In veel kantoorgebouwen worden standaard armaturen geïnstalleerd in een functioneel grid. Echter, met een verlichtingsstrategie die is aangepast op het gebruik van een kantoorruimte kunnen hogere doelen worden bereikt dan pure functionaliteit. Dit is zeker van toepassing op kantoorruimten, waar de aanwezigheidspatronen van een dynamische aard zijn dan in de cellenkantoren. Hier kan ten eerste energie bespaard worden als rekening wordt gehouden met de aanwezigheidspatronen van de individuele medewerkers binnen een kantoorruimte. Ten tweede kan de gezondheid van werknemers gewaarborgd of verbeterd worden door lichtcondities aan te bieden die in balans zijn met individuele eisen en wensen die inspringen op persoonlijke problemen. Beide uitkomsten maken het voor bedrijven interessant om verlichting meer prioriteit te geven. Echter, daarvoor dienen deze praktische baten bewezen te worden. C. de Bakker zal onderzoeken of een passende verlichtingsstrategie kan resulteren in energie besparing op verlichting. Daarnaast zal J. van Duijnhoven onderzoeken of deze strategie in de kantoorruimte daadwerkelijk kan bijdragen aan de gezondheid van medewerkers. Beide onderzoekers focussen op het effect van de verlichtingssterkte. Dit vormt echter slechts één karakteristiek van verlichting. De kleurtemperatuur kan bijvoorbeeld ook gevarieerd worden. Onderzoek is ook nodig naar het effect van deze aspecten op bijvoorbeeld gezondheid. Als gevolg van al deze onderzoeken ziet de verlichting in kantoorruimten er in de toekomst hopelijk anders uit.

REFERENTIES

1. Arboned. 2015. "Ziekteverzuim Naar Oorzaak En Geslacht." <http://www.volksgezondheidszorg.info>.
2. Aries, Myriam B.C., Jennifer A. Veitch, and Guy R. Newsham. 2010. "Windows, View, and Office Characteristics Predict Physical and Psychological Discomfort." *Journal of Environmental Psychology* 30(4): 533–41.
3. Borisuit, A., F. Linhart, J.-L. Scartezini, and M. Munch. 2014. "Effects of Realistic Office Daylighting and Electric Lighting Conditions on Visual Comfort, Alertness and Mood." *Lighting Research and Technology* 47(2): 192–209.
4. Boubekri, Mohamed et al. 2014. "Impact of Windows and Daylight Exposure on Overall Health and Sleep Quality of Office Workers: A Case-Control Pilot Study." *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine* 10(6): 603–11.
5. Dutch Green Building Council. 2014. "Beoordelingsrichtlijn BREEM-NL Nieuwbouw en renovatie 2014". www.breem.nl
6. Chang, W, and T Hong. 2013. "Statistical Analysis and Modeling of Occupancy Patterns in Open-Plan Offices Using Measured Lighting-Switch Data." *Building Simulation*.
7. Chung, T. M., and John Burnett. 2009. "On the Prediction of Lighting Energy Savings Achieved by Occupancy Sensors." *Energy Engineering*.
8. Das, Sutapa. 2015. "Lighting and Health of Building Occupants: A Case of Indian Information Technology Offices." *Current Science* 109(9): 1573–80.
9. Dubois, Marie-Claude, and Åke Blomsterberg. 2011. "Energy Saving Potential and Strategies for Electric Lighting in Future North European, Low Energy Office Buildings: A Literature Review." *Energy and Buildings* 43(10): 2572–82.
10. Forbes, D et al. 2013. "Light Therapy for Improving Cognitive, Sleep, Functional, Behavioural or Mood Disturbances in Dementia: A Cochrane Review." *Alzheimer's and Dementia* 1(4): P661–62.
11. Galasiu, Anca D., Guy R. Newsham, Cristian Svagau, and Daniel M. Sander. 2013. "Energy Saving Lighting Control Systems for Open-Plan Offices: A Field Study." LEUKOS.
12. Galasiu, Anca D., and Jennifer A. Veitch. 2006. "Occupant Preferences and Satisfaction with the Luminous Environment and Control Systems in Daylit Offices: A Literature Review." *Energy and Buildings* 38(7): 728–42.
13. Hoof, J. van, Westerlaken, A.C., Aarts, M.P.J., Wouters, E.J.M., Schoutens, A.M.C., Sinoo, M.M. & Aries, M.B.C. 2012. "Light Therapy: Methodological Issues from an Engineering Perspective." *Technology and Health Care* 20(1): 11–23.
14. Huang, Li, Yingxin Zhu, Qin Ouyang, and Bin Cao. 2012. "A Study on the Effects of Thermal, Luminous, and Acoustic Environments on Indoor Environmental Comfort in Offices." *Building and Environment* 49: 304–9.
15. International Well Building Institute. 2016. WELL Building Standard. www.wellcertified.com Jafari, Mohammad Javad et al. 2015. "Association of Sick Building Syndrome with Indoor Air Parameters." *Tanaffos* 14(1): 55–62.
16. Lucas, Robert J et al. 2014. "Measuring and Using Light in the Melanopsin Age." *Trends in neurosciences* 37(1): 1–9.
17. Maleetipwan-Mattsson, P, T Laike, S Lavy, and JHK Lai. 2015. "Optimal Office Lighting Use: A Swedish Case Study." *Facilities*.
18. Von Neida, Bill, Dorene Manicria, and Allan Tweed. 2001. "An Analysis of the Energy and Cost Savings Potential of Occupancy Sensors for Commercial Lighting Systems." *Journal of the Illuminating Engineering Society* 30(2): 111–25.
19. NEN. 2011. "NEN-EN 12464-1:2011"
20. Rubinstein, F, and A Enscoe. 2010. "Saving Energy with Highly-Controlled Lighting in an Open-Plan Office." LEUKOS.
21. Veitch, J., G. Newsham, P. Boyce, and C. Jones. 2008. "Lighting Appraisal, Well-Being and Performance in Open-Plan Offices: A Linked Mechanisms Approach." *Lighting Research and Technology* 40(2): 133–51.
22. Vetter, Céline et al. 2011. "Blue-Enriched Office Light Competes with Natural Light as a Zeitgeber." *Scandinavian journal of work, environment & health* 37(5): 437–45.
23. Villa, C., and R. Labayrade. 2012. "Multi-Objective Optimisation of Lighting Installations Taking into Account User Preferences - a Pilot Study." *Lighting Research and Technology* 45(2): 176–96.
24. Walker, R. 2013. "Come Take a Tour of Motorola's Spooky, Vacant Moto X Factory."