

Het energiegebruik van (led)verlichting beperken

Er zijn veel mogelijkheden om het energiegebruik van verlichting verder te beperken. Toepassing van elektronische voorschakelapparatuur bij gasontladingslampen en verhoging van de lampefficiëntie maakten een behoorlijke reductie van het energiegebruik mogelijk ten opzichte van de conventionele, draadgewonden uitvoeringen. Inmiddels hebben veel typen leds een hoge energie-efficiëntie. Ze maken een verdere beperking van het energiegebruik mogelijk.

Door Rienk Visser

Rendement verhogen

Het rendement van verlichtingsarmaturen is onder andere verhoogd door toepassing van efficiëntere reflectoren. Het energiegebruik kan hierdoor nog verder worden beperkt. Ook diverse regel- en/ of schakelsystemen voor de verlichting zorgen voor een verdere beperking van het energiegebruik. Vooral in combinatie met bouwkundige voorzieningen om meer daglicht binnen te laten en verder in ruimten te brengen. Door het toepassen van energie-efficiënte verlichting kan de zogenoemde warmtebelasting aanzienlijk worden teruggebracht. Dit heeft als voordeel dat de ontstane warmte door de verlichting niet extra moet worden weggekoeld. De koeling vraagt nog eens veel extra elektrische energie.

NTA 8800

Met betrekking tot beperking van het energiegebruik moet in de eerste plaats rekening worden gehouden met de van toepassing zijnde norm betreffende de energieprestatie van gebouwen.

In NTA 8800: Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode zijn eisen opgenomen voor beperking van het energiegebruik in gebouwen, waaronder die voor verlichting.

Hierin zijn ook hoofdstukken betreffende randvoorwaarden voor het energiegebruik van de verlichting opgenomen. Omdat niet het energiegebruik van de verlichting alleen bepalend is voor de energieprestatie van een gebouw, maar de som van alle technische en bouwkundige voorzieningen, bestaat het gevaar dat een zo gering mogelijk energiegebruik van de verlichting het doel op zich is. De NTA 8800 is ook het uitgangspunt voor het vaststellen van bijna energie-neutrale gebouwen, de BENG-eisen, die zijn vastgelegd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Energieverbruik terugdringen

Bij het terugdringen van het energieverbruik moet eveneens rekening worden gehouden met de toepassing van:

- armaturen met de optimale lichtverdeling voor de gegeven situatie;
- armaturen met een hoog rendement;
- energie-efficiënte lampen met lange levensduur;
- energie-efficiënte voorschakelapparaten;
- efficiënte schakelmogelijkheden (centraal en lokaal);
- lichtregeling (automatisch of individuele regeling);
- een lichtmanagementsysteem of koppeling aan gebouwbeheersysteem;
- smart lighting (controle en beheersen).

Energiegebruik lichtinstallatie bepalen

Het energiegebruik van de verlichtingsinstallatie wordt bepaald door het product van de brandtijd en het vermogen van de aangesloten lampen vermeerderd met het vermogen van de voorschakelapparatuur en randapparatuur. Het inschakelvermogen is kortstondig veel hoger en is bepalend voor de grootte van de beveiliging.

In tabel 1 zijn de verschillende maatregelen voor het beperking van het energiegebruik en het te verwachten besparingspercentage opgenomen.

Maatregel	Besparingspercentage
Veegpulsschakeling	30%
Daglichtafhankelijk schakelen	20%
Daglichtafhankelijke lichtregeling	25 - 40% in gevelzone tot 70%
Aanwezigheidsdetectie	10-30% in magazijnen tot 80%
Lichtmanagementsysteem met alle hiervoor genoemde faciliteiten	tot 70%
Bouwkundige voorzieningen om zo optimaal mogelijk gebruik te kunnen maken van toegepaste energiereducerende schakel- en regelsystemen	tot 80%

Tabel 1: Globaal overzicht mogelijkheden voor beperking energiegebruik.

Ledverlichting

In 2009 heeft de Europese Commissie regelgeving opgesteld betreffende eisen aan de energie-efficiëntie van lampen. Hierdoor mogen inmiddels alle gloeilampen en grotendeels ook alle soorten halogeenlampen en standaard hogedruk-kwiklampen niet meer in Europa in de handel worden gebracht. Dit heeft ervoor gezorgd dat er een enorm snelle ontwikkeling van leds heeft plaatsgevonden die als alternatief kunnen dienen voor uitgefaseerde lamptypen. Hierdoor zijn ze in nu in allerlei uitvoeringen verkrijgbaar. Ook zijn er nieuwe mogelijkheden, zoals lichtregeling in allerlei kleuren. De energie-efficiëntie van leds is inmiddels die van fluorescentielampen in steeds grotere mate voorbij gestreefd. Dit is dan ook de reden dat steeds meer fabrikanten nagenoeg volledig overgaan op ledarmaturen voor algemene toepassingen in utiliteitsgebouwen

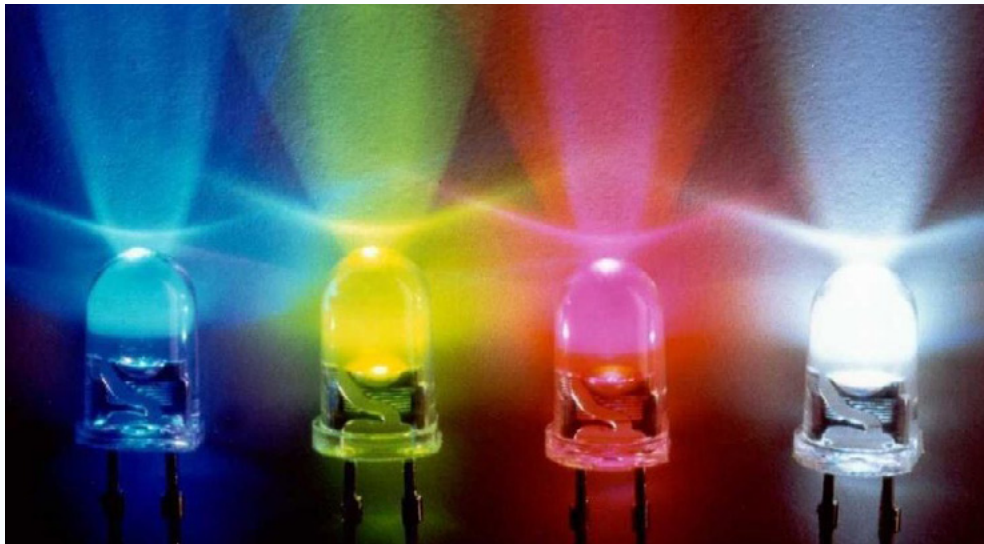
Een verlichtingssysteem is in grote lijnen samengesteld uit de volgende componenten:

- lamp(en) en eventuele hulpapparatuur;
- armatuur of armaturen;
- schakel- en/of regelmogelijkheden.

Ledarmaturen worden vaak als een geheel geleverd, dus als armaturen waarin de leds zijn geïntegreerd. De verwachte levensduur van deze armaturen en leds is namelijk (nog) in veel gevallen nagenoeg dezelfde. Het wordt aanbevolen om voor armaturen van duurzame materialen te kiezen, waarin de ledprints op eenvoudige wijze kunnen worden verwisseld. Hierdoor kunnen in de toekomst mogelijk leds met een verbeterde kwaliteit en geringer elektrisch vermogen worden toegepast.

Wat is een led?

Leds bestaan uit vaste stof waar binnen in licht opgewekt wordt. Een veel gebruikte verzamelnaam voor ledverlichting is vaste stof verlichting (solid state lighting). De naam led staat voor light emitting diode en geeft aan dat het vaste stof materiaal in feite een diode is die gemaakt is van halfgeleidermateriaal. Het principe dat in een vaste stof licht opgewekt kan worden is voor het eerst beschreven door H.J. Round in 1907. Pas vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw zijn daadwerkelijk producten op de markt gekomen. Tot midden jaren negentig van de afgelopen eeuw waren dit kleine signaallampjes die juist voldoende licht gaven om opgemerkt te worden als je er rechtstreeks in keek. Ze werden en worden toegepast als, meestal rode en groene, indicatorlampjes in afstandsbedieningen en allerlei elektronische apparatuur.



Pas vanaf eind vorige eeuw, begin deze eeuw kwamen leds op de markt die zo'n hoge lichtstroom hadden en zo efficiënt waren dat ze ook voor verlichting toegepast konden gaan worden. Waar leds aanvankelijk alleen geproduceerd konden worden als bijna monochromatische, gekleurde, lichtbronnen is het nu mogelijk, bijvoorbeeld door de toepassing van fluorescentiepoeders, om witte leds te produceren van hoge kleurkwaliteit.

Tegenwoordig is de efficiëntie van leds te vergelijken met die van de betere gasontladinglampen en sommige typen zelfs nog veel beter. De lichtstroom van één enkele led kan meer zijn dan die van een 500 W gloeilamp (circa 8.000 lumen). Door meerdere kleine leds samen te bouwen tot een lichtbron is het mogelijk deze lichtbronnen voor veel verschillende applicatiegebieden, zowel binnen als buiten, toe te passen. Ook worden meerdere kleine leds verdeeld over het oppervlak van een armatuur verdeeld voor het verkrijgen van een gelijkmatige lichtverdeling over een groter oppervlak. Het spectrum van een led is altijd een nauwebandspectrum en daarom is het licht van leds altijd gekleurd licht.

Voor algemene toepassingen is echter geen gekleurd licht gewenst, maar een witte kleur licht, die afhankelijk van de omstandigheden koel of warm wit moet zijn.

Wit licht

Er zijn mogelijkheden om toch wit licht te produceren. Door het licht van minimaal drie leds, elk met een andere kleur, te combineren wordt wit licht verkregen. Hiervoor wordt in het algemeen de combinatie van rood, groen en blauw gebruikt (RGB-led combinatie). De kleurweergave van zo'n combinatie van drie nauwe spectrale banden is zeer matig. Soms worden amberkleurige leds toegevoegd om de kleurkwaliteit iets te verbeteren. De manier waarop het licht gemengd wordt is belangrijk om hinderlijk zicht op de verschillend gekleurde leds te voorkomen en om geen hinderlijk gekleurde schaduwen te krijgen.

Wit licht van goede kwaliteit met een goede kleurweergave kan verkregen worden door een blauw licht led te voorzien van fluorescentiepoeder.



Het fluorescentiepoeder zet een deel van het blauwe licht om in licht van andere golflengtes zodat het spectrum zich bijna over het hele zichtbare gebied van het spectrum uitspreidt.

In de verlichtingswereld worden fluorescentiepoeders veelal (eigenlijk foutief) aangeduid als fosforen. Vandaar ook de gebruikte naam: witte fosfor-led. Door verschillende soorten fosforen in verschillende doseringen toe te passen kunnen wit licht leds geproduceerd worden in verschillende kleurtemperaturen (tinten van wit licht) met verschillende kwaliteiten van kleurweergave.

Fosforen

Verschillende samenstellingen van verschillende fosforen worden gebruikt om het licht van blauw licht (soms ook violet licht) leds om te zetten in wit licht. Aangezien de basis van deze omzetting het licht van de blauwe led is zal de uiteindelijke efficiëntie van het witte licht hoger zijn als dat een grote component blauw blijft bevatten. Witte fosfor-leds met hoge kleurtemperatuur (en lagere kleurweergave) zullen daarom een iets hogere efficiëntie hebben dan leds met een lagere kleurtemperatuur en hoge kleurweergave.

De fosforen kunnen direct op of om de chip worden aangebracht. Om variaties van kleurtemperatuur in de lichtbundel te voorkomen is het belangrijk dat een methode gebruikt wordt die een fosforlaag aanbrengt van nauwkeurig dezelfde dikte.

Bij toepassing van meerdere wit licht leds in een armatuur kan het gunstig zijn om de fosforen op afstand (remote) van de blauwe leds aan te brengen. De leds worden dan in een mengkamer geplaatst van hoog reflecterend materiaal. Veel van het blauwe licht van de verschillende leds mengt zich via meerdere reflecties alvorens de op afstand aangebrachte fosforlaag te bereiken. Dankzij de goede menging hebben kleine onderlinge verschillen tussen de leds, in lichtstroom en kleur, geen effect op de uiteindelijke kwaliteit van het licht. Bijkomend voordeel is dat het zichtbare lichtgevend oppervlak niet langer gevormd wordt door de kleine heldere ledpuntjes maar door de grotere fosforlaag. Dit vermindert de kans op hinderlijke verblinding. Sommige retrofit-ledlampen, voor de vervanging van gloeilampen, maken ook gebruik van het principe van remote fosforen.

De primaire optiek

De lens boven op de chip is niet alleen bedoeld om de chip te beschermen maar is essentieel om het lichtextractie-percentages te verhogen. De lens is gemaakt van siliconenmateriaal dat een lichtbrekingsindex heeft die tussen die van lucht en die van het chipmateriaal zelf ligt. Door dit materiaal met die brekingsindex tussen het chipoppervlak en de lucht te plaatsen vergroot de uittredingshoek. De primaire lens zelf zorgt niet voor bundelwerking. Secundaire optieken direct aan de ledbehuizing bevestigd kunnen de bundelvorming wel sterk bepalen.

Enkelvoudige leds

Enkelvoudige leds zijn er in tal van uitvoeringen en worden gebruikt als bijvoorbeeld signaallampjes, maar uitgevoerd als zogenaamde high power led voor toepassing in verlichtingsarmaturen. Dit kan zijn voor algemene verlichting, maar ook voor accentverlichting, waarbij ook zeer smalle bundels mogelijk zijn. Veelal vormen led en armatuur een geheel, maar in sommige uitvoeringen is het mogelijk om de led om te wisselen voor een andere.

Meerdere leds gemonteerd op een vlak of gebogen PCB

Voor bepaalde toepassingen worden een aantal leds aangebracht op een elektronische printplaat of PCB (printed circuit board). Deze worden onder andere toegepast in verlichtingsarmaturen, waarbij het licht over een relatief groot oppervlak gelijkmatig moet worden verdeeld, zoals in armaturen met overeenkomstige afmetingen als die voor fluorescentielampen. In principe kan het printed circuit board hierbij allerlei vormen hebben, zowel in een horizontaal als ook gebogen vlak. Ook worden hierop wel witte leds met verschillende kleurtemperaturen en soms ook in combinatie met andere kleuren aangebracht. Hierdoor is het mogelijk de lichtkleur naar wens te veranderen. Door een gelijkmatige verdeling van de leds en toepassing van een diffuserende afscherming, is een zeer gelijkmatige lichtuitstraling mogelijk.

Ledmodules

Ledmodules, ook wel ledengines genoemd, kunnen op dezelfde manier als conventionele lampen gebruikt worden. Zowel de secundaire optiek als de driver kan onderdeel van de module of een separaat onderdeel van de armatuur zijn. Een internationaal samenwerkingsverband van vele fabrikanten, Zhaga, ontwikkelt standaardspecificaties voor de interfaces van ledmodules met de andere randapparatuur op het gebied van fysieke verbinding, elektrische verbinding, thermische verbinding voor de koeling en optische verbinding. Op deze wijze worden ledmodules, net zo als de meeste conventionele lampen, uitwisselbaar tussen verschillende fabrikanten.

Het koellichaam

Alhoewel leds voor verlichtingsdoeleinden geen infraroodstraling produceren en de lichtbundel dus 'koud' is, wordt het ledmateriaal zelf wel warm. De niet-succesvolle recombinaties en het licht dat intern gereflecteerd en uiteindelijk geabsorbeerd wordt warmen de led op. Hoe warmer de chip wordt hoe lager de lichtstroom en vooral ook, hoe korter de levensduur zal zijn. Alle high power leds hebben daarom aan hun achterzijde een koellichaam, geproduceerd van goed warmtegeleidend materiaal, om de warmte af te voeren via het armatuurhuis.



Ook ledarmaturen moeten zo ontworpen zijn dat ze de warmte makkelijk naar de omgeving afvoeren. Voor de hogere vermogens worden daarom de armaturen van koelvinnen voorzien.

Ledstrips

Leds kunnen ook op flexibele of starre strips zijn aangebracht. Deze uitvoering wordt onder andere veel voor lichtreclamebelettering toegepast, waarvoor voorheen eigenlijk alleen neonverlichting werd gebruikt. Ook worden ze veel in meubilair toegepast, voor sfeer- en decoratieve doeleinden en feestverlichting gebruikt.

Retrofit-ledlampen

Door de uitfasering van de gloeilampen en grotendeels ook de halogeenlampen zijn veel van de bestaande uitvoeringen vervangen door overeenkomstige uitvoeringen, voorzien van een of meer leds. Deze lampen hebben een ingebouwde driver en een Edison- of bajonetlampvoet zodat ze als directe vervanging gebruikt kunnen worden. Ze zijn er ook in dimbare versies. Retrofit-ledlampen voor vervanging van halogeen reflectorlampen zijn geschikt voor aansluiting op de oorspronkelijke halogeentransformator.

Inmiddels is het ook mogelijk geworden om leds in decoratieve vormen te maken, waardoor retrofit-ledlampen ook zeer goed als vervanging voor decoratieve gloeilampen en kooldraadlampen kunnen worden gebruikt, onder andere voor historische verlichtingsarmaturen

Ledbuizen

Voor toepassing in bestaande armaturen voor fluorescentielampen zijn ook ledbuizen beschikbaar gekomen. Deze hebben een langere levensduur dan de standaard fluorescentielampen en inmiddels ook een hogere energie-efficiëntie. Ook voor de buisvormige gloeilampen, die vooral in toiletruimten en voor sfeerverlichting werden toegepast, zijn uitvoeringen met leds verkrijgbaar. Deze zijn niet alleen veel energiezuiniger, maar hebben een zeer lange levensduur in vergelijking met de gloeilampuitvoeringen, die erg kwetsbaar waren voor trillingen door de langgerekte gloeidraad.

Hogedruk kwiklampen

Behalve de gloeilampen en grotendeels ook de halogeenlampen zijn ook de standaard hogedruk kwiklampen uitgefaseerd. Hiervoor zijn inmiddels ook vervangende leduitvoeringen verkrijgbaar.

Led-drivers

Evenals gasontladingslampen hebben leds voorschakelapparatuur nodig omdat ze niet direct op de netspanning bedreven kunnen worden. De netspanning moet gelijkgericht en omlaag getransformeerd worden en er moet voor gezorgd worden dat de stroom door de led constant is. Bij leds is het gebruikelijk om de uitdrukking 'driver' in plaats van 'voorschakelapparaat' te gebruiken.

Constance stroom

Een led heeft in tegenstelling tot een gasontladingslamp een positieve weerstandskarakteristiek. Maar de spanning-stroom afhankelijkheid is in het gebied waarin de led bedreven wordt exponentieel. Dit betekent dat heel kleine fluctuaties in de spanning heel grote veranderingen in de stroom door de led ten gevolge hebben, zodanig dat de led beschadigd wordt. Principieel kan de stroom constant gehouden worden door een eenvoudige weerstand in serie met de led te schakelen. In de praktijk maken alleen de miniatuur signaalleds gebruik van zo'n weerstand omdat veel energie verloren gaat in de weerstandsstabilisatie. Alle high power leds gebruiken een elektronische driver die voor het omlaag transformeren, gelijkrichten en het leveren van een constante stroom zorgt.

Wit licht leds zetten veel meer dan nagenoeg alle andere typen lampen van de toegevoerde energie om in zichtbaar licht. Met de verdere ontwikkeling van leds neemt dit percentage nog steeds meer toe. Een zekere voorzichtigheid met opgegeven waarden van de specifieke lichtstroom is vereist. Soms wordt de specifieke lichtstroom voor de kale chip opgegeven. Dit is nauwelijks zinvol omdat de omgevende draag- en aansluitstructuren licht absorberen. Het echt zinvolle getal is dat van het totale ledpakket en dan ook rekening houdende met energieverliezen in de driver.

Efficiëntie led

Zoals bij alle lampen is de efficiëntie van een led afhankelijk van het elektrisch vermogen en de kleurkwaliteit. Inmiddels zijn koelwitte leds beschikbaar met een specifieke lichtstroom van tot meer dan 160 lm/W. Warmwitte leds met een kleurweergaveindex groter dan 80 zijn beschikbaar met een specifieke lichtstroom van zo'n 150 lm/W. Deze getallen houden geen rekening met eventuele secundaire optieken. Retrofit ledlampen met een warm-witte gloeilampkleur (2750 K) en een kleurweergaveindex groter dan 80 zijn beschikbaar met een specifieke lichtstroom van meer dan 100 lm/W.

De lumenrange van een enkele led (single led) varieert van een paar lumen (signaallicht leds) tot wel meer dan 20.000 lumen.

Invloed omgevingstemperatuur

Zoals genoemd neemt met stijgende temperatuur van de chip de lichtstroom en de levensduur van een led sterk af. Gewoonlijk worden deze eigenschap-

pen gespecificeerd voor een chip-temperatuur (of nauwkeuriger voor de p-n grenslaag- of junction temperatuur) van 25 °C. Onder normale bedrijfsomstandigheden kan de chip makkelijk een temperatuur bereiken van 60 tot 90 °C. De lichtstroom kan dan, afhankelijk van het ledtype tot zo'n 60 tot 90 % dalen. Meer en meer worden daarom de eigenschappen met betrekking tot de temperatuur gegeven voor 25 °C en bijvoorbeeld 80 °C.

Lumendepreciatie

De warmte die opgewekt wordt in de chip vermindert geleidelijk de werking ervan. Dit samen met verkleuring van de ledbehuizing en bij witte fosfor-leds vermindering van de activiteit van de fosforen, is de oorzaak van lumendepreciatie van leds. Het zal duidelijk zijn dat de temperatuur van de chip onder de actuele bedrijfsomstandigheden hierbij een belangrijke rol speelt.

Ook de armaturen en de omgeving waarin ze zijn geplaatst vervuilen in de loop van de tijd. Vooral de grote ruimtevlakken, zoals plafond, wanden en vloer kunnen door vervuiling van invloed zijn op het verlichtingsniveau. Ook kunnen lampen defect raken. Volgens hiervoor genoemde norm moet daarom bij het ontwerp rekening worden gehouden met de zogeheten behoudfactor. In het verleden werd hiervoor ook wel de term depreciatiefactor (getal kleiner dan 1) of nieuwwaarde-index (getal groter dan 1) gebruikt. Indien geen zekerheid bestaat over de aan te houden behoudfactor moet deze in overleg met de fabrikant worden bepaald. Opgemerkt kan worden dat computerprogramma's voor lichtberekeningen meestal uitgaan van een forfaitaire waarde. Deze hoeft niet overeen te komen met de betreffende situatie en moet dus altijd worden gecontroleerd.

Behoudfactoren

Bij toepassing van ledarmaturen kan niet meer worden uitgegaan van de behoudfactoren, zoals deze van toepassing zijn voor de eerder toegepaste lichtbronnen. Zo is bijvoorbeeld een ledarmatuur anders dan voorheen opgebouwd, waardoor er geen vuil bovenop de leds terecht komt. Bovendien wordt de levensduur niet langer bepaald door de tijdsduur tot het gemiddelde defect, maar meer door de effectieve gebruiksduur.

Om duidelijkheid te geven betreffende lichtterugval en levensduur worden de zogenaamde L en B waarden gebruikt, algemeen aangeduid met LxBy, gekoppeld aan een bepaalde aangegeven levensduur.

Hierin is:

Lx de tijd in uren waarbij nog x% van de nieuwwaarde van de lichtstroom aanwezig is na de aangegeven levensduur en By het percentage van de leds dat minder licht geeft dan de x% van de initiële lichtstroom. Een L70 B50 bij 50.000 branduren geeft bijvoorbeeld aan dat 50% van de leds minder dan 70% van de oorspronkelijke lichtstroom geeft. Het houdt ook in dat de andere 50% van de leds nog 70% of meer geeft. De B-factor is dus een gemiddelde. Een en ander is van toepassing indien het lichtstroombehoud wordt bepaald volgens IES-normen LM-80 + TM-21 of LM-84 + TM-28.

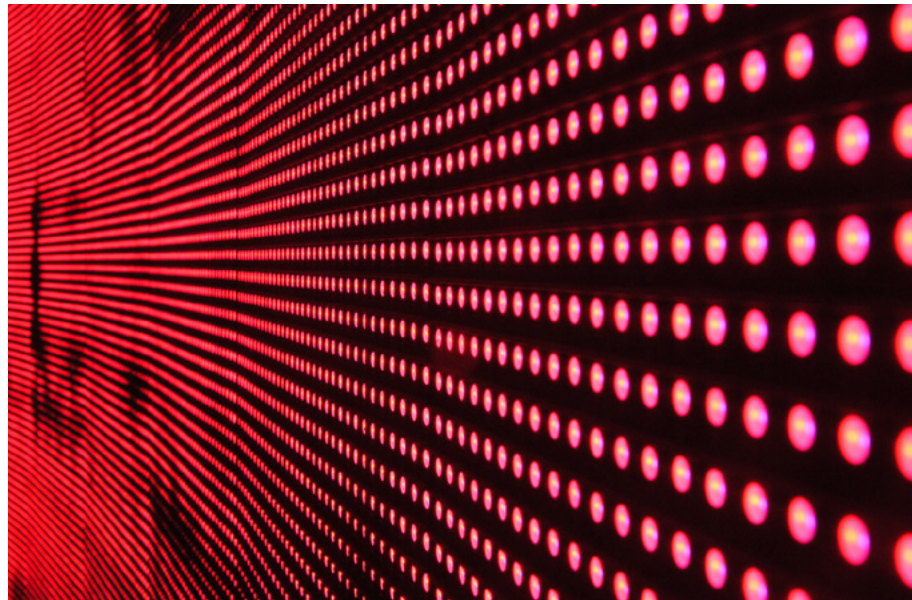
Het komt ook voor dat na de L-factor geen B-factor wordt vermeld. Deze is dan automatisch B50. Het is ook belangrijk om na te gaan hoeveel branduren voor

een bepaalde toepassing als uitgangspunt moet dienen. Zo wordt met 50.000 uur als uitgangspunt voor een kantoor bij gemiddeld 2500 branduren per jaar over een periode van 20 jaar rekening gehouden.

Het komt ook voor dat fabrikanten ook nog een C- of F-factor toevoegen aan de levensduurspecificatie. Dit staat voor het percentage van de leds die bij een bepaalde levensduur stukgaan. Meer informatie hierover is te vinden in het Technisch Dossier Behoudfactor van de NSVV.

Levensduur leds

Individuele leds van goede kwaliteit hebben een lange levensduur, vaak langer dan 50 000 uur. Zoals hierboven aangegeven kan de lumendepreciatie een reden zijn om eerder tot lampvervanging over te gaan. (35 000 tot 50 000 uur op basis van 30 % lumen depreciatie).



Retrofit ledlampen hebben een beperkte ruimte voor een goede warmtebehandeling. Hun levensduur is daarom korter: 25 000 tot 35 000 uur, maar dat is nog altijd 25 tot 35 keer langer dan van een gloeilamp.

Lichtkleur en kleurweergave

Zoals is toegelicht hebben leds in principe een quasi-monochromatisch, nauwebandspectrum. Dit betekent ook dat alle leds die worden geproduceerd voor verlichting geen schadelijke UV- of IR-straling bevatten. Wit licht fosfor-leds kunnen een bijna continu spectrum hebben. Ze worden geproduceerd in de kleurtemperatuurrange van 2700 tot 10 000 K. Vaak hebben de hogere kleurtemperatuurversies een matige kleurweergave-index (50 tot 75). In de lagere kleurtemperatuur versies zijn leds beschikbaar met een kleurweergave-index van 80 tot meer dan 90. Zoals bij alle lampen zijn de leds met een betere kleurkwaliteit iets minder efficiënt dan die met een matige kleurkwaliteit.

De minimale eis die aan de kleurweergave-eigenschappen van andere toe te passen lampen moet worden gesteld, hangt af van de functie van de ruimte en de

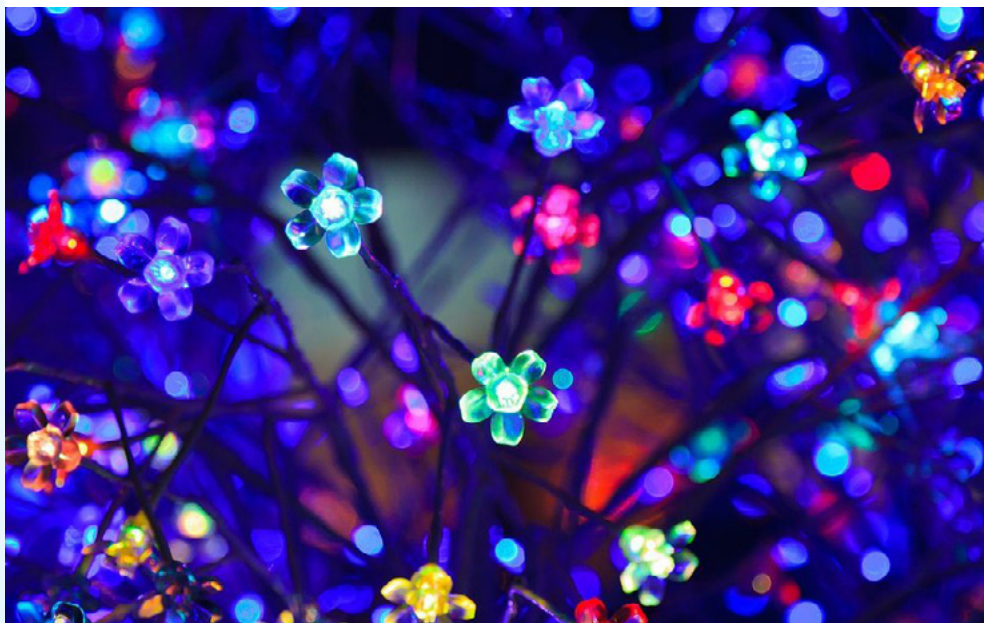
hierin uit te voeren werkzaamheden of andere activiteiten. Een indruk in welke mate dit overeenkomt met temperatuurstralers of daglicht geeft de zogeheten (algemene) kleurweergave-index Ra. In het algemeen dient deze ten minste 80 te bedragen in binnenruimten waar mensen gedurende een langere periode werken of verblijven. Worden zeer hoge eisen gesteld, zoals bij kleurbeoordeling in onder andere de grafische industrie, de verfindustrie en textielindustrie, dan dient de Ra ten minste 90 te zijn. Dit geldt in het algemeen ook voor musea.

Opgemerkt kan worden dat het bij de bepaling van de Ra gaat om kleurafwijkingen bij acht testkleuren. Het kan voorkomen dat afwijkingen bij bepaalde andere kleuren toch nog behoorlijk groot kunnen zijn. Dit komt vooral voor bij lampen die geen of een beperkt continu lichtspectrum hebben, zoals bij gasontladinglampen en leds

De algemene kleurweergave-index Ra kan aangevuld worden met één of meer individuele kleurweergave-indices uit een groep van zes andere kleurmonsters R9 t/m R14, soms zelfs nog aangevuld met een 15e kleurmonster, namelijk R15 : Japanse/Aziatische huidskleur.

De kleurweergave-index R14 of R15 is steeds vaker wenselijk omdat leds veelal afwijkende kleurweergave-eigenschappen laten zien ten opzichte van gloeilampen en de meeste gasontladinglampen met een goede kleurweergave. Vooral waar een goede weergave van met name rood en de huidskleur vereist is (bijvoorbeeld in de gezondheidszorg en musea), blijkt dat veel leds hier in de praktijk niet aan kunnen voldoen. De kleurweergave-index Ra is daarom veelal onvoldoende om na te kunnen gaan of aan genoemde eisen kan worden voldaan. De door de CIE vastgestelde standaardkleuren voor R9 tot en met R14 zijn eveneens vastgelegd in de CIE-publicatie 13.3. Referentiekleur R15 is later toegevoegd.

De kleurweergave-index van gangbare lampen kan zeer sterk uiteenlopen. Voor interieurverlichting gelden gedetailleerde aanbevelingen voor de toepassing van bepaalde lamptypen in bepaalde toepassingsgebieden. Deze zijn in detail in een



aantal hoofdstukken van deze richtlijn beschreven. Voor een verdere toelichting op de bepaling van de kleurweergave-index zie CIE publicatie 13.3: Method of Measuring and Specifying Colour Rendering of Light Sources (inclusief CD-ROM CD008).

Kleurweergave volgens TM-30-15 van IESNA

Een andere methode voor het vastleggen van kleurweergave-eigenschappen van lichtbronnen is vastgelegd in TM 30-15: IES Method for Evaluating Light Source Color Rendition van het IES, de Illuminating Engineering Society van Noord Amerika. TM staat voor Technical Memorandum en is een document waarin informatie is opgenomen, dat niet in de literatuur voorhanden is.

IES TM-30-15 is een nieuw systeem dat ook kan worden gebruikt voor de presentatie en communicatie van de kleurweergave-eigenschappen van lichtbronnen. Hierbij worden zelfs 99 kleuren beoordeeld op overeenkomstige wijze als de CRI door de Rf en wordt ook informatie gegeven over de mate van de verzadiging van kleuren, door de zogenaamde gamut index Rg. Hierdoor is het mogelijk om afwijkingen van kleur en verzadiging grafisch weer te geven.

Inschakelen

Leds leveren hun maximale lichtstroom direct na inschakeling.

Dimmen

Door pulsdimming, dat wil zeggen met een frequentie van meer dan bijvoorbeeld 100 Hz de lamp snel aan en uitschakelen, kunnen leds met een eenvoudig elektronisch circuit gedimd worden tot zo'n vijf procent. Retrofit ledlampen vereisen een speciaal ontwerp om gedimd te kunnen worden op een normale gloeilamp-dimmer. Er zijn dimbare en niet-dimbare retrofit lampen.

Leds kunnen op verschillende manieren worden gedimd, namelijk:

- stroomgestuurd
- door middel van pulsbreedte modulatie

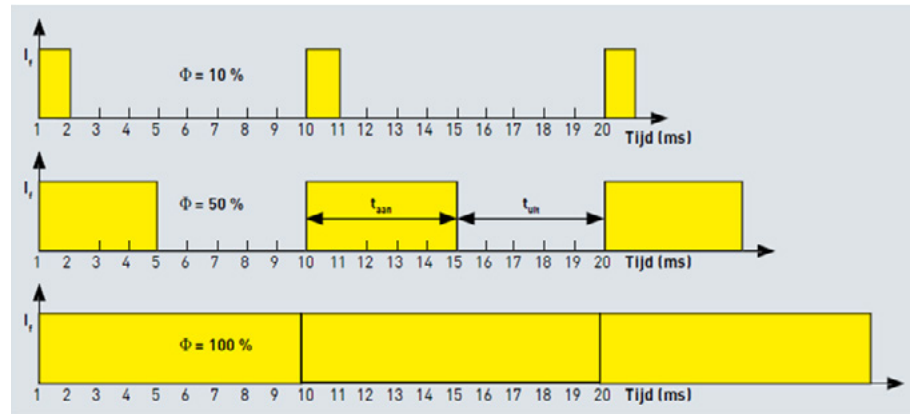
Stroomgestuurd dimmen

Een van de mogelijkheden om leds te dimmen is de regeling van de stroomsterkte. In een bepaald bereik is de hoeveelheid licht die door een led uitgestraald wordt recht evenredig met de sterkte van de elektrische stroom. Een groot voordeel van dimmen door stroomsturing is het feit dat leds bij een kleinere stroom steeds efficiënter worden. Problematisch zijn echter de licht variërende spanningskarakteristieken van de individuele leds. Als de leds tot minder dan 20 % gedimd worden, kan het gebeuren dat individuele leds nog branden, terwijl andere al gedoofd zijn.

Pulsbreedte modulatie

Wanneer men een ledmodule gebruikt met een constante lage spanning, bijvoorbeeld 10, 12 of 24 V, moet het dimmen gebeuren door middel van pulsbreedte modulatie (PBM). Dit wordt ook wel aangeduid als pulse-width modulation

Voorbeelden pulsbreedte modulatie.

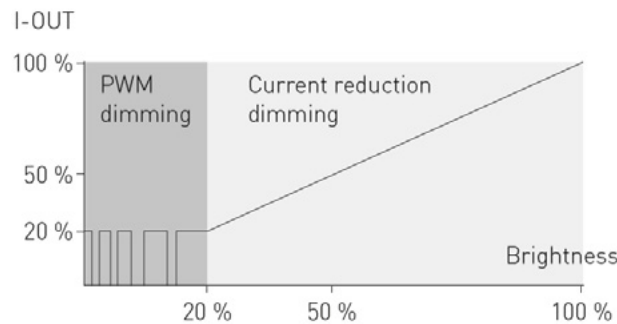


Bij pulsbreedtemodulatie branden de leds met de nominale stroom – of helemaal niet.

(PWM). Ook in andere gevallen is PBM-dimmen mogelijk. Daarbij worden de leds steeds met nominale stroom gebruikt. Dimmen houdt in dat de leds slechts een bepaald percentage van de tijd in- of uitgeschakeld worden.

Het menselijk oog is niet in staat de afzonderlijke impulsen die een hoge schakelfrequentie van milliseconden hebben, te onderscheiden. Het neemt alleen waar dat de gemiddelde lichtsterkte daalt.

Combinatie van pulsbreedte- en stroomgestuurd dimmen.



Dimming range	Dimming technique
1 % – 20 %	Pulse Width Modulation (PWM)*
20 % – 100 %	Linear current reduction

* PWM dimming frequency 800 Hz

Bij het dimmen van een led door middel van pulsbreedte modulatie, mag men niet onder een bepaalde frequentie gaan. Ook als het menselijk oog slechts een beperkte lichtstroom waarneemt, reageert het lichaam op het nauwelijks waarneembare flikkeren dat ontstaat door het hoogfrequente in- en uitschakelen van de leds. Voor het dimmen van hoogwaardige armaturen moet de PBM-frequentie minimaal 500 Hz zijn. Vaak wordt een combinatie van beide dimmogelijkheden gebruikt om over het gehele dimtraject een passende lichtkwaliteit te garanderen. De verwachting is dat in de nabije toekomst alleen nog stroomgestuurd dimmen gebruikt zal worden. Hiervoor zullen echter nog een aantal technische hindernissen genomen moeten worden.

Flikkeren

Bij toepassing van slechte drivers en bij dimmen door middel van pulsbreedte modulatie gaat het licht al dan niet merkbaar flikkeren. Dit kan mensen storen. De verstoring werkt door in het visuele en niet visuele systeem (waarnemingsvermogen) van de mens en kan oog- en hoofdpijn tot gevolg hebben. Dit heeft een negatief effectief op het prestatierendement van de mens. Flikkeringsverschijnselen komen onder andere bij oudere typen fluorescentielampen voor. Mensen die er gevoelig voor zijn hebben ook hinder van de 100 Hz rimpel, die ontstaat door de netfrequentie. Dit fenomeen kan men voorkomen door het toepassen van elektronische voorschakelapparaten, die op een beduidend hogere frequentie werken.

Combinatiemogelijkheden met andere apparatuur

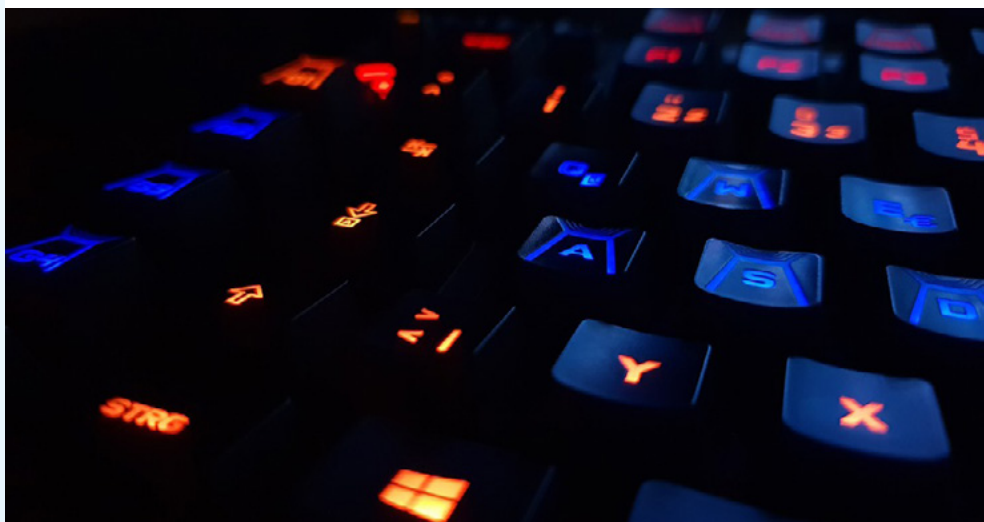
Bij automatische lichtregeling kan het licht ook tijdsafhankelijk, daglichtafhankelijk en/of door middel van aanwezigheidsdetectie op bepaalde niveaus worden geregeld. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van lichtsensoren en aanwezigheidssensoren. Is de lichtkleur ook van belang bij het regelen naar een lager niveau, dan dienen hiervoor kleurtemperatuurindicatoren te worden toegepast.

Effect van netspanningsvariaties

Omdat leddrivers een constante stroombron zijn hebben netspanningsvariaties geen invloed.

Binning

Leds van eenzelfde productiepartij, massaal geproduceerd, variëren iets in kleur, lichtstroom en voltage. Om er voor te zorgen dat partijen leds toch aan nauwkeurige specificaties voldoen passen fabrikanten van leds het zogenoemde binning-proces toe. Aan het eind van het productieproces worden van alle individuele leds de kleur-, lichtstroom- en spanningseigenschappen gemeten en vervolgens worden ze gesorteerd in subklassen (bins), elk met nauwkeurige grenzen voor de genoemde eigenschappen. Met de vooruitgang in de ontwikkeling en fabricage van leds zal binning minder nodig zijn.



Oleds

Een andere ontwikkeling is die van oleds. Oleds (organic light emitting diode) zijn, evenals leds, familie van de halfgeleiderlichtbronnen. In principe wekken ze op overeenkomstige wijze licht op. De verschillen zitten onder andere in de uitvoeringsvorm. Leds zenden het licht uit vanuit een relatief zeer klein oppervlak, terwijl oleds dit over een veel groter oppervlak doen. Leds worden dan ook wel gekenmerkt als puntlichtbronnen en oleds als (grote) vlakkenstralers.

Oleds worden ook wel aangeduid als leps (light emitting polymer). Deze term zal in deze whitepaper verder niet worden gebruikt. Dit om verwarring met een ander type lichtbron te voorkomen, waarbij lep staat voor light emitting plasma. Deze werkt echter volgens een geheel ander principe.

Oleds worden gebruikt als lichtbron en als displays, voor onder andere televisie, monitoren en mobiele telefoons. Het voordeel van oled-displays is dat ze geen achtergrondlicht (backlight) nodig hebben. Hierdoor gebruiken ze minder energie dan lcd-displays, die wel achtergrondlicht nodig hebben. De kijkhoek is ook veel groter en ze kunnen ook in grotere formaten zeer dun worden vervaardigd. Ze bestaan uit verschillende lagen, waarbij de actieve laag minder dan 500 nm bedraagt. De totale dikte wordt bepaald door de wijze waarop deze is ingekapseld. Ze kunnen licht met een breed spectrum uitstralen met verschillende kleurtemperaturen en een kleurweergave-index Ra van 75 of meer. Er is inmiddels ook een ontwikkeling gaande van transparante televisieschermen. Met deze techniek is het in principe ook mogelijk om transparante verlichtingsarmaturen te fabriceren.

De energie-efficiëntie van commerciële witte oleds was aanvankelijk niet meer dan 2 tot 3 lm/W. Deze is inmiddels (2018) voor sommige uitvoeringen gestegen tot circa 70 lm/W. In laboratoria is door speciale technieken een al een hoger rendement bereikt.

Doordat de energie-efficiëntie nog beduidend lager is dan dat van leds, zullen oleds vooral worden toegepast voor bijzondere verlichtingsarmaturen en andere lichttoepassingen.

Verlichting & milieubelasting

De productie van lampen, armaturen en hulpapparatuur, het gebruik ervan, de verwerking, als ze defect zijn als afval of voor recycling vormen in meer of mindere mate een belasting voor het milieu. Gelukkig komen er steeds meer technologieën beschikbaar om dit in alle genoemde fasen te reduceren.

Bij de keuze van de armaturen is het ook belangrijk om te letten op de toegepaste materialen en de belasting van het milieu. Steeds meer fabrikanten leveren armaturen waarvan een zo groot mogelijk deel van de materialen kan worden hergebruikt.

Leds maken een nog geringere belasting voor het milieu mogelijk, omdat ze niet zoals gasontladingslampen, TL-lampen en spaarlampen als klein chemisch afval worden aangemerkt. Wel moeten ze, al dan niet in combinatie met armaturen, worden ingeleverd als elektronische apparatuur, om zo mogelijk te kunnen worden gerecycled. Ook door de langere levensduur vormen ze een geringere belasting voor het milieu.

LightRec zorgt er in Nederland voor dat tl-buizen, spaar- en ledlampen en bijbehorende armaturen apart worden ingezameld en op een milieuverantwoorde manier worden gerecycled.



Dit is een gratis kennisartikel van:

Installatie
Journal

www.installatiejournaal.nl

Installatie Journaal is een uitgave van Vakmedianet

VAKM
VAKMEDIANET

www.vakmedianet.nl

Contactgegevens

Redactie Installatie Journaal

E-mail: installatiejournaal@vakmedianet.nl

Vakmedianet

Postbus 448

2400 AK Alphen aan den Rijn

Vragen over abonnementen?

Vakmedianet Klantenservice

E-mail: klantenservice@vakmedianet.nl

Telefoon: (088) 584 0888

Postbus 448

2400 AK Alphen aan den Rijn

Vragen over adverteren?

Adviseur: Gejo Flierman, tel. 06-53227316

Meer informatie: www.installatiejournaal.nl/adverteren

