

Auteur Ing. R. (Rienk Visser)

# Verlichting in schoolgebouwen cruciaal voor miljoenen gebruikers

*In onze moderne kennismaatschappij wordt verwacht dat we van jonges af aan steeds nieuwe kennis opnemen en nieuwe vaardigheden aanleren. Dit is immers noodzakelijk in een wereld die steeds technischer en complexer wordt. Een belangrijke factor voor een succesvolle en plezierige school- en studietijd is de leeromgeving. Deze leeromgeving speelt namelijk een rol bij het motiveren van docenten en scholieren. Verlichting maakt een belangrijk onderdeel uit van deze leeromgeving en beoogt een natuurlijke benadering waarbij het functioneren van de mens centraal staat. Door deze optimaal te ontwerpen, wordt een bijdrage geleverd aan welbevinden, gezondheid, stemming en prestatie.*

Door de snelle veranderingen in technische ontwikkelingen, toepassingsmogelijkheden en regelgeving geeft de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV) een nieuw praktijkdocument Verlichting voor onderwijsinstellingen uit. Dit praktijkdocument biedt een handreiking aan lichtontwerpers voor de verlichting van gebouwen voor onderwijsinstellingen en tevens aan andere opdrachtgevers, eigenaren, architecten, ambtenaren van bouw en woningtoezicht, vastgoedprojectontwikkelaars. Hierin zijn de specifieke eisen opgenomen voor het ontwerp, de gebruiksmogelijkheden -en middelen en daarnaast het onderhoud van de verlichting verduidelijkt. Verder komen hierin nog tal van andere onderwerpen aan de orde die van belang kunnen zijn voor onderwijsinstellingen. Deze betreffen onder andere het effect van licht op welbevinden en gezondheid, noodverlichting, gebruiksmogelijkheden en energiegebruik.

Met betrekking tot wetgeving richt deze zich voor verlichting alleen op veiligheid en de van toepassing zijnde normen op visuele prestaties.

Inmiddels is ook het energiegebruik en duurzaamheid steeds belangrijker geworden, zoals onder andere tot uiting komt door wettelijke BENG-eisen op vergunningsaanvragen van nieuwe gebouwen. Het kan ook zichtbaar worden gemaakt in de vorm van een kwaliteitslabel, zoals BREEAM. Maar ook het aspect welbevinden en gezondheid wordt steeds belangrijker geacht, aspecten die onderdeel uitmaken van ontwikkelingen als Human Centric Lighting (HCL) en het kwaliteitslabel WELL. Technische ontwikkelingen laten ook zien dat ledverlichting een belangrijke schakel kan zijn in het Internet of Things (IoT) tussen mens en techniek, zowel voor communicatie als wisselwerking en beïnvloeding.

## Goede verlichting van onderwijsgebouwen

Het opdoen van kennis begint al spelenderwijs in het kinderdagverblijf of de peuterspeelzaal, maar vrij snel begint het echt op de basisschool met het aanleren van basisvaardigheden en daarna steeds een stapje verder met bijvoorbeeld rekentaken en taal oefeningen. Na het doorlopen van het basisonderwijs volgt meer gerichte kennis in het voortgezet en beroepsonderwijs met natuurwetenschappelijke en praktische vakken. Eventueel later kunnen nog op probleemoplossende capaciteiten en leerstrategieën op universiteiten of hogescholen worden ontwikkeld. In totaal volgen 3,6 miljoen mensen in Nederland regulier onderwijs op basisscholen en scholen voor voortgezet en beroepsonderwijs, hogescholen en universiteiten. In totaal wordt ingeschat dat ruim 31 miljoen vierkante meter bruto vloeroppervlak wordt gebruikt voor onderwijsinstellingen.

Een belangrijke factor voor een succesvolle en plezierige school- en studietijd is de leeromgeving met optimale verlichting. Hierbij





**Foto 1:** Belangrijk bij een goed verlichtingsconcept is dat de mens met zijn behoeften centraal staat, terwijl tegelijkertijd de energie-efficiëntie niet uit het oog verloren mag worden.

moet het beschikbare daglicht zoveel mogelijk als uitgangspunt wordt genomen. Waar en wanneer het daglicht onvoldoende is, zal het met kunstlicht aangevuld moeten worden. In een schoollokaal vindt gedurende de dag een diversiteit aan oogtaken plaats. Daarom is het belangrijk hoge eisen aan de kwaliteit van de verlichting te stellen. Scholieren en docenten hebben baat bij een verlichting die hen zo goed mogelijk ondersteunt in de uitvoering van hun werkzaamheden. Belangrijk bij een goed verlichtingsconcept is dat de mens met zijn behoeften centraal staat, terwijl tegelijkertijd

de energie-efficiëntie niet uit het oog verloren mag worden. De lichtontwerper moet hierbij gebruik kunnen maken van nieuwe technieken te onderzoeken en belemmert evenmin de toepassing van innovatieve apparatuur.

In aanvulling hierop zijn diverse voorbeelden opgenomen, die kunnen helpen om de verlichtingsinstallaties en hun specifieke eisen en voorwaarden te plannen en/of te beoordelen.

### Toepassingsgebieden

Onderwijs vindt plaats in tal van soorten gebouwen en ruimten. In NEN-EN 12464-1, de norm voor verlichting voor binnenruimten, zijn voor de verlichting van diverse ruimten in onderwijsgebouwen (minimale) eisen vastgelegd voor:

- verlichtingsniveau;
- gelijkmatigheid van de verlichting;
- voorkomen van lichthinder;
- kleurweergave.

Hierbij kan in grote lijnen onderscheid worden gemaakt tussen bepaalde ruimten en functies:

- ruimten voor algemeen gebruik;
- specifieke ruimten;
- specifieke functies;
- facilitaire ruimten.

Het huidige leerstelsel is steeds meer gebaseerd op een combinatie van klassikaal en zelfstandig onderwijs, een combinatie die nieuwe eisen stelt aan een motivatie-ondersteunende omgeving, waaraan de verlichting een belangrijke bijdrage kan leveren. Naast de voorwaarden voor de verlichting van werkplekken en verkeerszones is ook belangrijk om rekening te houden met verlichting die nodig is voor bijzondere omstandigheden, zoals het uitvallen van de netspanning en evacuatie.

### Functies verlichting

In 80% van alle zintuiglijke waarnemingen vormen onze ogen de belangrijkste schakel. Te veel of te weinig licht, verblinding en verkeerde weergave van kleuren beïnvloeden de kwaliteit van de waarneming. Ook hebben deze aspecten invloed op het concentratievermogen en de alertheid en kunnen ze leiden tot sneller vermoeid raken.

De huidige eisen voor verlichting op de werkplek zijn gericht op het creëren van optimale visuele condities. Uitgangspunt is de oogtaak goed (visuele prestatie) en plezierig (visueel comfort) te kunnen verrichten. In de huidige normen voor verlichting wordt geen rekening gehouden met biologische lichtbehoeften, die gedurende de dag ook nog eens kunnen variëren. Licht "stuurt" via

het oog de biologische klok, die op haar beurt een reeks van periodieke processen stuurt (bijvoorbeeld ons slaap-waakritme), die van wezenlijk belang zijn voor welzijn en functioneren van de mens.



Foto 2: Albeda-College in Rotterdam (Bron: Sylvania)

Leerlingen en onderwijzend personeel hebben behoefte aan verlichting die hen optimaal ondersteunt bij de uitvoering van hun werkzaamheden. Om tot een goed verlichtingsconcept te komen, is het belangrijk te weten welke taken in een lokaal uitgevoerd moeten worden. Aan de hand hiervan en van het benodigde lichtniveau per taak kan vervolgens de benodigde verlichting in een lokaal worden vastgesteld. In theorie- en practicumlokalen voor natuur- en scheikunde die verduisterd moeten kunnen worden, is een instelbaar lichtniveau aan te bevelen. De armaturen die daarvoor geadviseerd worden, zijn uiterlijk identiek aan de armaturen voor les- en computerlokalen, maar moeten kunnen worden gedimd. De dimmer kan op of nabij de docententafel worden gemonteerd. Indien gewenst, kan het aantal armaturen worden uitgebreid, om te voldoen aan specifieke gebruikseisen.

Voor de verlichting van gymnastiek- en sportlokalen kan worden verwezen naar de NSVV-aanbeveling "Verlichting voor sportaccommodaties - Binnensporten", die gebaseerd is op NEN-EN 12193. Uit oogpunt van comfort worden voor gymnastiek- en sportlokalen lampen aanbevolen met een kleurweergave-index van minstens 80.

Ook de ruimten in een schoolgebouw die niet tot de klaslokalen behoren, moeten natuurlijk adequaat verlicht worden. De verlichting in entrees, gangen en trappenhuisen moet helder en aangenaam zijn. In



toiletruimten - inclusief de voorruimte - kan volstaan worden met eenvoudiger armaturen. Uit esthetisch oogpunt gaat daar de voorkeur uit naar gesloten armaturen met een prisma-refractorakap of downlights. In rondom gesloten toiletten kan een eenvoudige armatuur worden toegepast. Ook hier is automatische uitschakeling door afwezigheidsdetectie aan te bevelen.

#### Verlichtingssterkte voor werkplekken en taakgebieden

De plek waarop de oogtaken worden verricht, is ook een bepalende factor voor het bepalen van de juiste verlichtingssterkte, die tenminste aanwezig moet zijn. Een werkplek is een vaste plek in een ruimte waar werkzaamheden worden verricht. Een werkplek kan bestaan uit een horizontaal taakgebied, zoals bijvoorbeeld een tafel, of een verticaal taakgebied, zoals een schoolbord, of een combinatie van beide in het geval van een tekentafel.



**Foto 3:** De verlichting in entrees, gangen en trappenhuizen moet helder en aangenaam zijn, zoals hier op de Brede School Gildenplein in Gorinchem.

Als werkzaamheden worden verricht in een bepaald gebied in een ruimte of in de hele ruimte moet dit als volledige gebied als taakgebied worden aangemerkt. Hierbij moet worden gedacht aan een leslokaal waar een aantal leerlingen in een lokaal verspreid aanwezig zijn. In de conventionele werkplekstelling wordt de loopzone aan de rand van de ruimte, dus ook nabij het bord als een aparte zone (niet werkplek) beschouwd. De bordwand in een lokaal is echter een verticaal taakgebied en verdient als zodanig extra aandacht. In het geval alleen digiborden zijn toegepast is geen aanvullende bordverlichting vereist. Een bijzondere werkplek in een leeromgeving is de werkplek van de docent. Zoals al eerder aangeven, is er door de hogere leeftijd van de docent sprake van behoefte aan een hoger lichtniveau. Hiervoor moeten extra voorzieningen worden getroffen, indien de algemene verlichting niet toereikend is.

### Luminanties en luminantieverhoudingen

De verlichtingssterkte op een bepaald vlak is de hoeveelheid licht, die hierop terecht komt. Wat het oog waarneemt is echter de hoeveelheid licht die in de richting hiervan wordt gereflecteerd en wordt aangeduid als luminantie. Deze is afhankelijk van de reflectie-eigenschappen van het betreffende taakgebied. Bovendien hebben ook andere vlakken in een ruimte een bepaalde luminantie en deze kunnen in meer of mindere mate verschillen met die van het taakgebied. Evenals de gelijkmatigheid van de verlichtingssterkte dragen ook de juiste luminantieverhoudingen tussen werkplek, directe omgeving en periferie bij aan een aangename en veilige werkomgeving.

In de norm NEN-EN 12464-1 wordt aangegeven dat een uitgebalanceerde adaptatieluminantie nodig is voor een goede gezichtsscherpte, contrastgevoeligheid en voor de 'benutting' van de oogfuncties. Er wordt echter geen uitspraak gedaan over de verhoudingen zelf. De verschillen in helderheid in een ruimte leveren een wezenlijke bijdrage aan de manier waarop de ruimte door de gebruikers wordt ervaren. Kleine verschillen in helderheid voorkomen snelle vermoeidheid door herhaaldelijke aanpassing van de ogen. Als mogelijke gezondheidsrisico's kunnen rug- en nekklachten worden genoemd, veroorzaakt door het aannemen van onlogische houdingen tijdens het werk om lichthinder als gevolg van hoge helderheden te vermijden.

In de Nederlandse norm NEN 3087: Visuele ergonomie – Visuele ergonomie in relatie tot verlichting zijn echter wel eisen vastgelegd voor maximaal toelaatbare luminantieverhoudingen, (zie volgend tekstkader).

### 1 : 3 : 10

Een verhouding die in de praktijk vaak wordt gehanteerd is de ervaringsregel dat de luminantieverhouding van het taakgebied en zijn directe omgeving niet groter zou mogen zijn dan 3 : 1 en niet kleiner dan 1 : 3. Voor de verhouding tot de wijdere omgeving, zoals bijvoorbeeld de wanden en de plafonds wordt geadviseerd: niet groter dan 10 : 1 en niet kleiner dan 1 : 10. De maximaal toelaatbare luminantieverhouding tussen het taakgebied en het venster is 1 : 30. Bij het zien van daglicht wordt dus een groter contrast toegelaten.



**Foto 4:** Voorbeeld van verlichting in een klaslokaal, zoals hier in basisschool Het Festival te Zwolle. (Bron: Sylvania)

Tevens moet worden gelet op de luminantie van verlichtingsarmaturen in het gezichtsveld en van de hemel of zon via de ramen. Beperking van de luminantie van de zon en de hemel is mogelijk door toepassing van zon- en/of lichtwering, in de vorm van schermen, lamellen en/of gordijnen.

#### Voorkomen van verblindingshinder

Niet alleen de zon, maar ook verlichtingsarmaturen kunnen een zekere mate van verblinding veroorzaken. Een goede afscherming van een armatuur zorgt voor voldoende begrenzing van de verblinding. In het algemeen kan worden gesteld, dat de norm NEN-EN 12464-1 hoge eisen stelt aan de afscherming van lichtbronnen. Het zonder meer toepassen van onafgeschermd lichtbronnen is om nog een andere reden niet mogelijk. De norm definieert namelijk minimum afschermhoeken rondom het armatuur.

De mate van directe onbehaaglijke verblinding door een verlichtingsinstallatie wordt bepaald door middel van de UGR-methode (Unified Glare Rating).

Van invloed op de UGR-waarde kunnen zijn:

- type armatuur, lamp en optiek;
- plaatsing van de armaturen;
- afmetingen van de ruimte;
- reflectiefactoren van plafond, wanden en vloer;
- positie en kijkrichting van de waarnemer.

Naar de aard van de ruimte en de aard van de activiteiten wordt een maximaal toelaatbare UGR geadviseerd. Andere factoren die een rol spelen bij de bepaling van de UGR zijn:

- vorm en grootte van de ruimte
- oppervlaktehelderheid van wanden, plafond, vloer en andere grote vlakken
- verdeling van de armaturen over de ruimte
- de positie van de werkplek(ken).

De strengste eis in onderwijsinstellingen betreffende de verblindingsbegrenzing geldt voor lokalen voor technisch tekenen. De waarden waaraan moet worden voldaan kunnen worden berekend met een formule of, veel gemakkelijker, met de computer of informatie van de fabrikant. De tabellen die de fabrikanten verstrekken geven hierbij een indicatie over de te verwachten directe verblinding.

## Wet- en regelgeving

Naast de vastgelegde wettelijke bepalingen zijn ook eisen voor de verlichting opgenomen in diverse normen. De belangrijkste zijn opgenomen in het volgende overzicht.

### **NEN-EN 12464-1: Licht en verlichting – Verlichting van werkruimten – Deel 1: Werkruimten binnen.**

De hierin opgenomen eisen voor de verlichting zijn van toepassing op allerlei visuele taken, zoals lees-, schrijf- en beeldschermtaken, onderzoek, enz. en zijn gebaseerd en gericht op visuele prestatie en visueel comfort

### **NEN 3087: Visuele ergonomie – Visuele ergonomie in relatie tot verlichting.**

Hierin zijn onder andere voorwaarden opgenomen met betrekking tot acceptabele verhoudingen tussen de luminantie van de visuele taak en die van de directe omgeving en de periferie.

### **NEN 1891: Licht en verlichting – Meten en bepalen van verlichtingsprestaties in de praktijk**

Hierin zijn eisen opgenomen voor het meten van verlichtingssterkten en luminanties om deze te kunnen toetsen aan het lichtontwerp of gegeven situatie.

#### Relatie met andere installaties

Indien een luchtbehandelingsinstallatie wordt toegepast kan de afgezogen hoeveelheid lucht van positieve invloed zijn op de lichtstroom van lampen. Fluorescentielampen leveren hun optimale lichtstroom bij een bepaalde omgevingstemperatuur. Bij een hogere of lagere temperatuur leveren ze minder licht. In armaturen die hiervoor geschikt zijn, kan de optimale lichtstroom worden gerealiseerd door een bepaalde hoeveelheid lucht hierdoor te voeren. Dit kan bovendien een gunstig effect hebben op de energie

die nodig is voor koeling van een ruimte.

Ook bij leds is de lichtopbrengst mede afhankelijk van de omgevingstemperatuur. Hoe hoger deze is, hoe geringer de lichtopbrengst. Hierbij leidt koeling door luchtafvoer altijd tot een hoger rendement. Leds zijn dus ook zeer geschikt voor koele ruimten, zoals koel- en vriescellen.

### **NEN-EN 1838: Toegepaste verlichtingstechniek - Noodverlichting**

Hierin zijn onder andere eisen opgenomen betreffende de minimale verlichtingssterkte voor de noodverlichting, de minimale luminantie van de vluchtrouteaanduidingen en maximaal toelaatbare verhoudingen tussen de veiligheidskleur en wit.

### **NEN-EN ISO 7010: Grafische symbolen – Veiligheidskleuren en –tekens – Geregistreerde veiligheidstekens**

Hierin zijn conform het Bouwbesluit 2015 eisen voor de aanduiding van vluchtroutes opgenomen.

### **NEN 3011: Veiligheidskleuren en –tekens in de werkomgeving en in de openbare ruimte**

Hierin zijn de pictogrammen opgenomen welke (nog) niet in NEN-EN-ISO 7010 staan en wordt voor de overige veiligheidstekens verwezen naar NEN-EN-ISO 7010

### **NEN 7120: Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode**

Hierin zijn eisen opgenomen voor beperking van het energiegebruik in gebouwen, waaronder die voor verlichting.

Opmerking: Deze wordt in 2019 vervangen door NTA 8800: Energieprestatie van gebouwen

#### **Literatuur**

1. CIE-publicatie 117 "Discomfort Glare in Interior Lighting"
2. NSVV-publicatie "Verlichting voor onderwijsinstellingen"
3. NSVV-publicatie "Verlichting voor sportaccommodaties - Binnensporten"
4. NSVV-publicatie "Toelichting NEN-EN 12464-1 Werkplekverlichting binnen"
5. ISSO-publicatie 79 "Inspectie en onderhoud van noodverlichtingsinstallaties"
6. TNO-rapport "Inventarisatie bestaande kennis 'licht en de ouder wordende mens',
7. TNO-rapport 2001-G&I-R025, Delft.
8. Publicatie Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: Frisse scholen
9. Publicatie Ministerie van BZK: 100% Schoonlicht in Scholen – Prestatie-eisen - 2011
10. Publicatie Ministerie van BZK: 100% Schoonlicht in Scholen – Ontwerphandreikingen - 2011
11. Ontwerprijds Noodverlichting van de NVFN ( Nederlandse Vereniging van fabrikanten van Noodverlichting)

## **Energiegebruik en milieu**

Er zijn in de afgelopen jaren veel mogelijkheden en middelen beschikbaar gekomen om het energiegebruik van de verlichting steeds verder te kunnen beperken. Inmiddels hebben leds een beter rendement dan alle hiervoor in schoolgebouwen toegepaste lamptypen. Ook is het rendement van verlichtingsarmaturen voor diverse toepassingen verhoogd onder andere door toepassing van efficiëntere reflectoren, waardoor het energiegebruik nog verder kan worden beperkt. Een nog verdere beperking van het energiegebruik bieden diverse regelen/ of schakelsystemen voor de verlichting, vooral in combinatie met bouwkundige voorzieningen om meer daglicht binnen te laten en verder in ruimten te brengen. In Door het toepassen van energie-efficiënte verlichting kan de zogenaamde warmtebelasting aanzienlijk worden teruggebracht. Dit heeft als voordeel dat de ontstane warmte door de verlichting niet extra moet worden weg gekoeld. De koeling vraagt nog eens veel extra elektrische energie. Ter vergelijking: een kilowatt verlichting kost afhankelijk van de toepassing ongeveer twee kilowatt aan koelvermogen om het klimaat acceptabel te houden in de betreffende ruimte.

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

In NEN 7120: 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. Echter 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.